



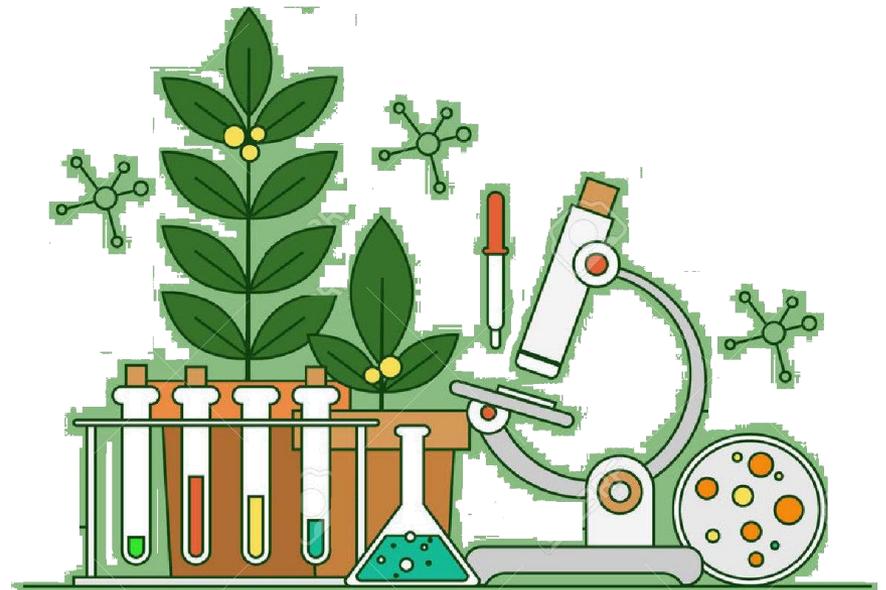
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Dipartimento di Scienze del Farmaco

CORSO DI RECUPERO
OBBLIGHI FORMATIVI AGGIUNTIVI
BIOLOGIA

Studia gli esseri viventi, i fenomeni della vita e le leggi che li governano.

Riconosce la **cellula** come unità base della vita, i **geni** come strutture di base dell'ereditarietà e l'**evoluzione darwiniana** per selezione naturale come processo che regola nascita ed estinzione delle specie.



LA CHIMICA DEI VIVENTI

La cellula è l'unità morfologica fondamentale di tutti gli organismi viventi.

Il contenuto delle cellule (**protoplasma**) è composto da:

- acqua 84%
- sali inorganici 1.5%
- sostanze organiche* 14.5%

macromolecole

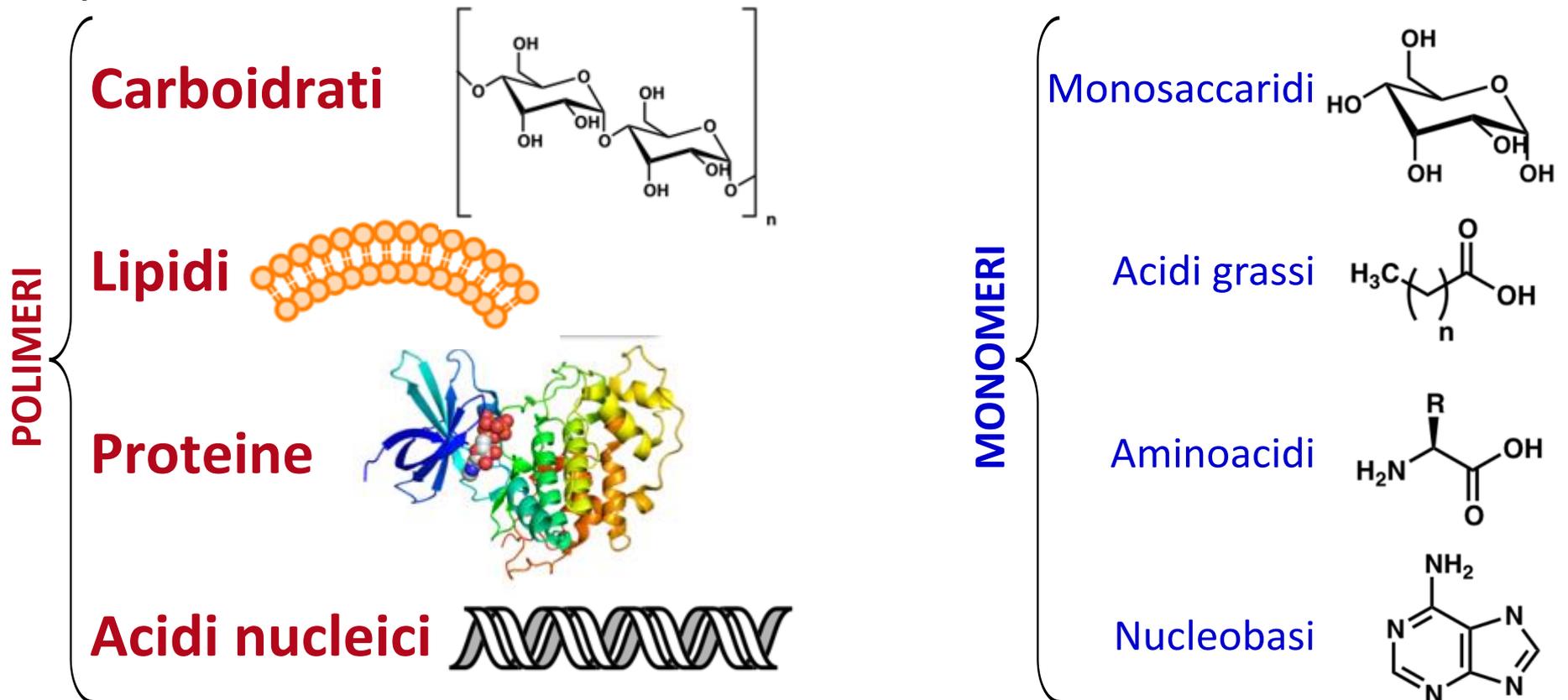
unita' costitutive delle macromolecole

metaboliti intermedi

molecole con varie funzioni

*sostanze a base di C e H, contenenti O, N, S, P
Gli atomi di C sono uniti da legami covalenti

Costituiscono la maggior parte delle sostanze organiche: sono molecole di grandi dimensioni e di natura **polimerica***. Si possono classificare in:



*un polimero si forma dall'unione di unità a basso peso molecolare (**monomeri**)

I **carboidrati** sono composti organici contenenti C, H, O con formula bruta $(\text{CH}_2\text{O})_n$ (da cui il nome di idrati del carbonio)

Sono **aldeidi** o **chetoni** poliossidrilici

Costituiscono una fonte di energia; sono materiale di partenza per la sintesi di aminoacidi e acidi grassi; sono implicati nei processi di riconoscimento cellulare

Monosaccaridi o zuccheri semplici

Glucosio, Fruttosio, Galattosio, Ribosio

Disaccaridi

Maltosio, Saccarosio, Lattosio

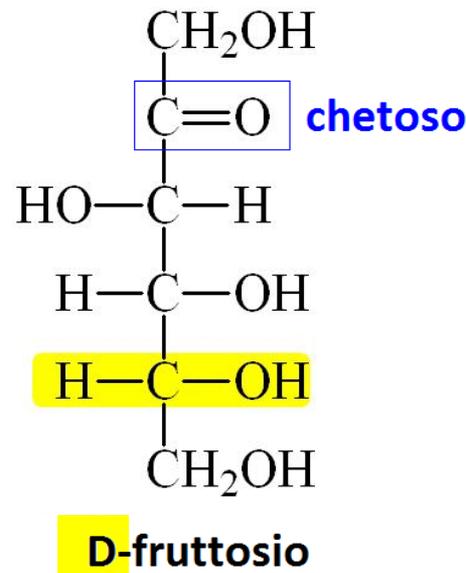
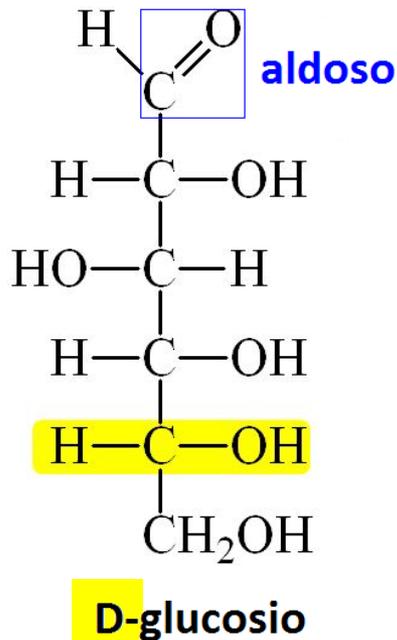
Polisaccaridi

Amido, Glicogeno, Cellulosa

I **monosaccaridi** sono costituiti da uno scheletro lineare di atomi di carbonio, a cui sono legati gruppi ossidrilici e un gruppo carbonilico.

Aldoso: se il gruppo carbonilico è all'estremità

Chetoso: se il gruppo carbonilico è in altra posizione



Contengono uno o più atomi di carbonio asimmetrici quindi sono possibili stereoisomeri.

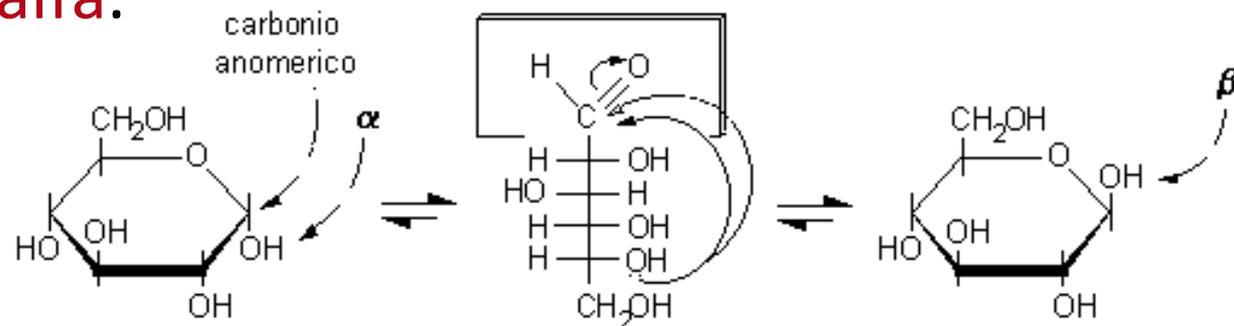
La serie sterica degli zuccheri (D o L) viene attribuita in base alla configurazione del C con l'OH secondario, più distante dal gruppo carbonilico.

In soluzione i monosaccaridi sono presenti nella forma ciclica: il gruppo -OH secondario distale reagisce con il C=O, rendendo asimmetrico questo atomo di carbonio (carbonio **emiacetalico** o **emichetalico**). Se il gruppo -OH è sopra l'anello la configurazione è **beta**, se è sotto l'anello, la configurazione è **alfa**.

I monosaccaridi che differiscono soltanto per la configurazione intorno al carbonio emiacetalico o emichetalico vengono

detti **anomeri** e l'atomo di carbonio è detto **carbonio anomero**.

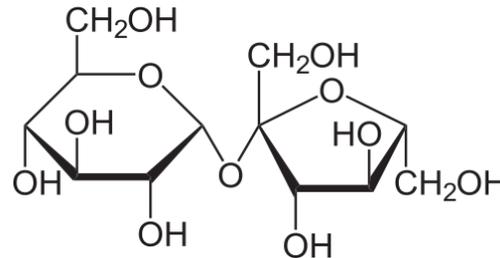
Le forme α e β del D-glucosio si interconvertono in soluzione mediante un processo chiamato **mutarotazione** e formano all'equilibrio una miscela composta da circa 1/3 di α -D-glucosio e 2/3 di β -D-glucosio.



I **disaccaridi** sono costituiti da due monosaccaridi uniti da un **legame glicosidico**, formato per reazione tra il carbonio anomero di uno zucchero e l'OH dell'altro zucchero.

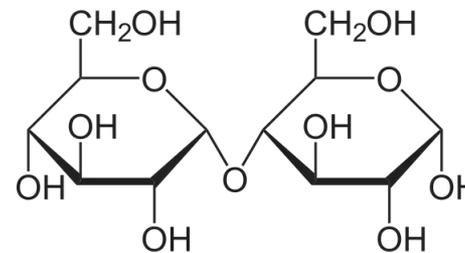
Saccarosio

α -D-glucosio e β -D-fruttosio
legame $\alpha(1\rightarrow2)$ glicosidico



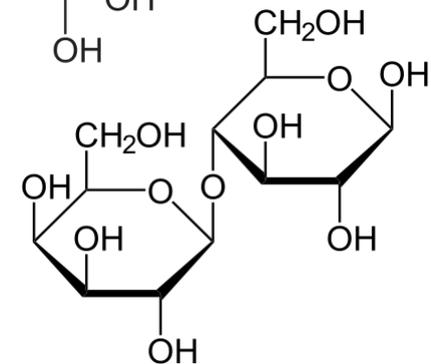
Maltosio

Due molecole di glucosio
legame $\alpha(1\rightarrow4)$ glicosidico



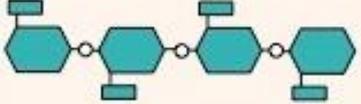
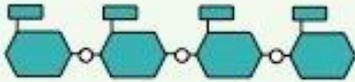
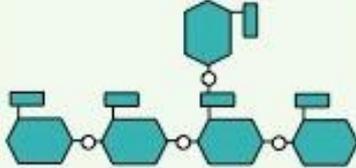
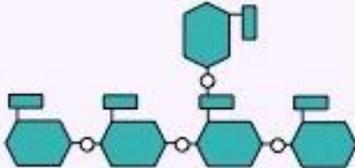
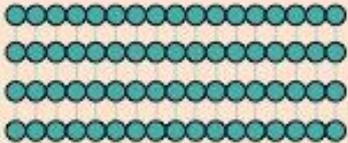
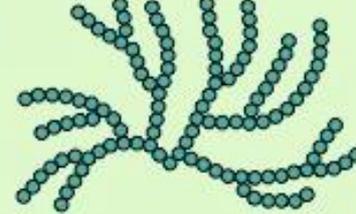
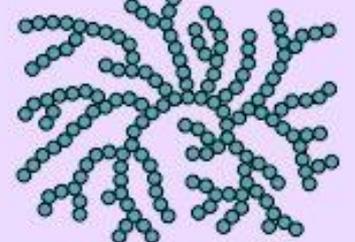
Lattosio

α -D-glucosio e β -D-galattosio
legame $\beta(1\rightarrow4)$ glicosidico



I **polisaccaridi** sono polimeri ad alto peso molecolare, per lo più costituiti da D-glucosio. Fonte di riserve energetiche.

Funzione	Caratteristiche	Esempi
Polisaccaridi di riserva	Immagazzinati come granuli permettono ai vegetali ed agli animali di accumulare riserva di glucosio da utilizzare per esigenze energetiche	Amido (mondo vegetale) Glicogeno (mondo animale)
Polisaccaridi di sostegno	Costituiscono la struttura dei tessuti animali e, soprattutto, vegetali	Cellulosa, emicellulosa, pectina, agar
Polisaccaridi complessi	Molecole specializzate	Glicoproteine

	Cellulosa	Amido		Glicogeno
		Amilosio	Amilopectina	
Fonte	Vegetale	Vegetale	Vegetale	Animale
Subunità	β -glucosio	α -glucosio	α -glucosio	α -glucosio
Schema				
Forma				
	Componente fondamentale della parete cellulare delle piante: la sua digestione non è possibile nei mammiferi, carenti di cellulasi specifica. Simile ad amilosio ma con legame $\beta(1,4)$.	Principale carboidrato di riserva delle piante, formato da Amilosio (20%) non ramificato, legami $\alpha(1,4)$ e Amilopectina (80%) ramificato, legami $\alpha(1,4)$ e $\alpha(1,6)$.		Accumulato in fegato e muscoli in struttura compatta (grandi quantità di energia in piccolo volume)

I **lipidi** sono composti ternari (C, H, O), ma possono contenere anche P, N.

Sono costituiti da **acidi grassi** (subunità monomerica).

Sono insolubili in acqua e solubili in solventi organici.

Rappresentano un'importante **riserva energetica** per animali e piante, in quanto sono in grado di liberare una grande quantità di calorie per unità di massa (circa il doppio rispetto a zuccheri e proteine).

Sono **componenti delle membrane cellulari**.

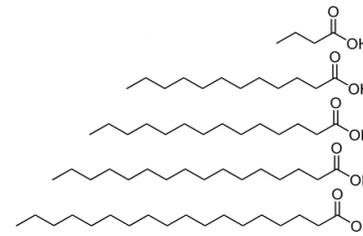
Fanno parte del sistema di **segnalazione cellulare**.

Funzione	Caratteristiche	Esempi
Lipidi di riserva	Lipidi semplici che immagazzinati nel tessuto adiposo costituiscono riserva energetica	Trigliceridi
Lipidi regolatori	Lipidi semplici presenti in cellule animali e vegetali, precursori di vitamine e ormoni	Steroli Steroidi
Lipidi strutturali	Lipidi complessi che formano le membrane cellulari	Fosfolipidi Glicolipidi
Lipidi di trasporto	Lipidi complessi deputati al trasporto ematico di lipidi	Lipoproteine

Gli **acidi grassi** sono acidi carbossilici a lunga catena a numero pari di atomi di C, **saturi** (animali) o **insaturi** (vegetali). I doppi legami hanno tutti configurazione *cis*.

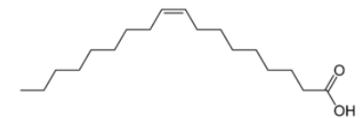
Nome	Sigla	Formula
ACIDI SATURI		
A. butirrico	C4:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
A. laurico	C12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
A. miristico	C14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
A. palmitico	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
A. stearico	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Alcuni acidi grassi insaturi sono essenziali: detti **Omega-X** dove X è il numero del C implicato nell'ultimo doppio legame a partire dalla fine
 A. oleico → Omega-9
 A. arachidonico → Omega-6



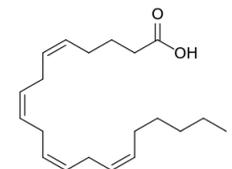
ACIDI MONOINSATURI

A. oleico	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
-----------	-------	---



ACIDI POLINSATURI

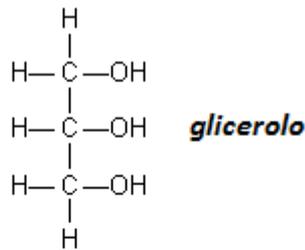
A. arachidonico	C20:4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
-----------------	-------	---



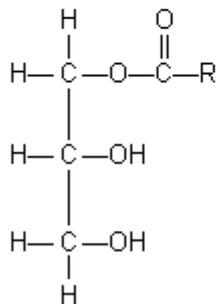
I **gliceridi** sono prodotti di esterificazione del glicerolo con acidi grassi (uguali o diversi)

Trigliceridi: maggior parte dei lipidi assunti con la dieta.

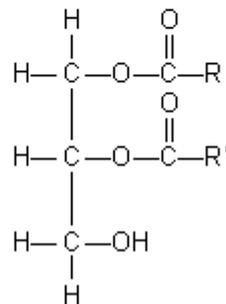
Sono idrofobi, quindi accumulati in forma anidra (glicogeno lega una quantità di acqua doppia del suo peso)



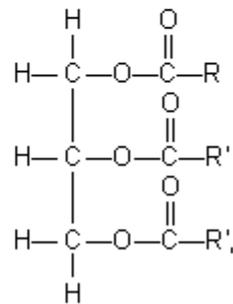
- fonte energetica: produzione di calore
- isolamento termico (grasso sottocutaneo)
- riserva di energia (tessuto adiposo)



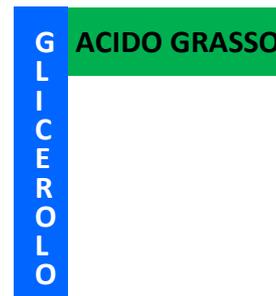
monogliceride



digliceride



trigliceride



monogliceride

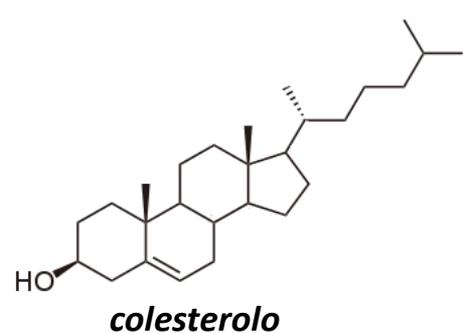


digliceride

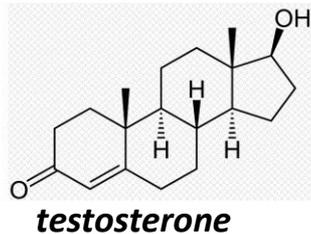


trigliceride

Gli **steroli** presentano un nucleo steroideo costituito da quattro anelli fusi, tre a sei atomi di C e uno a cinque C. Il nucleo steroideo è quasi planare e relativamente rigido.



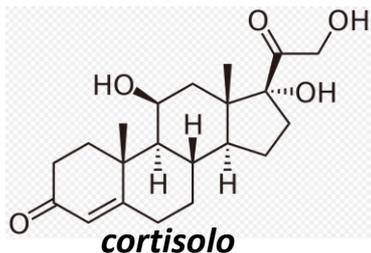
Il **colesterolo**, principale sterolo dei tessuti animali, presenta una testa polare e un corpo idrocarburico non polare. Regola la fluidità delle membrane cellulari. È il precursore degli ormoni steroidei.



Gli **ormoni steroidei** possiedono il nucleo tetraciclico, ma non la catena alchilica:

ormoni sessuali (testosterone, diidrotosterone, estradiolo, progesterone)

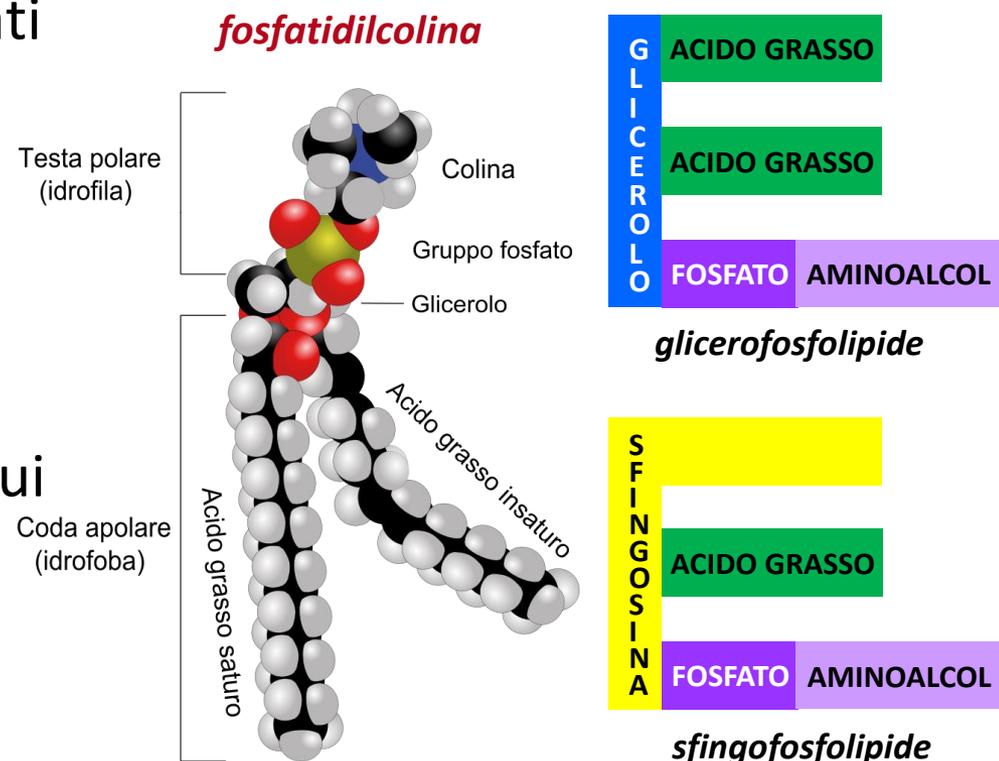
ormoni corticosurrenali (androsterone, cortisolo)



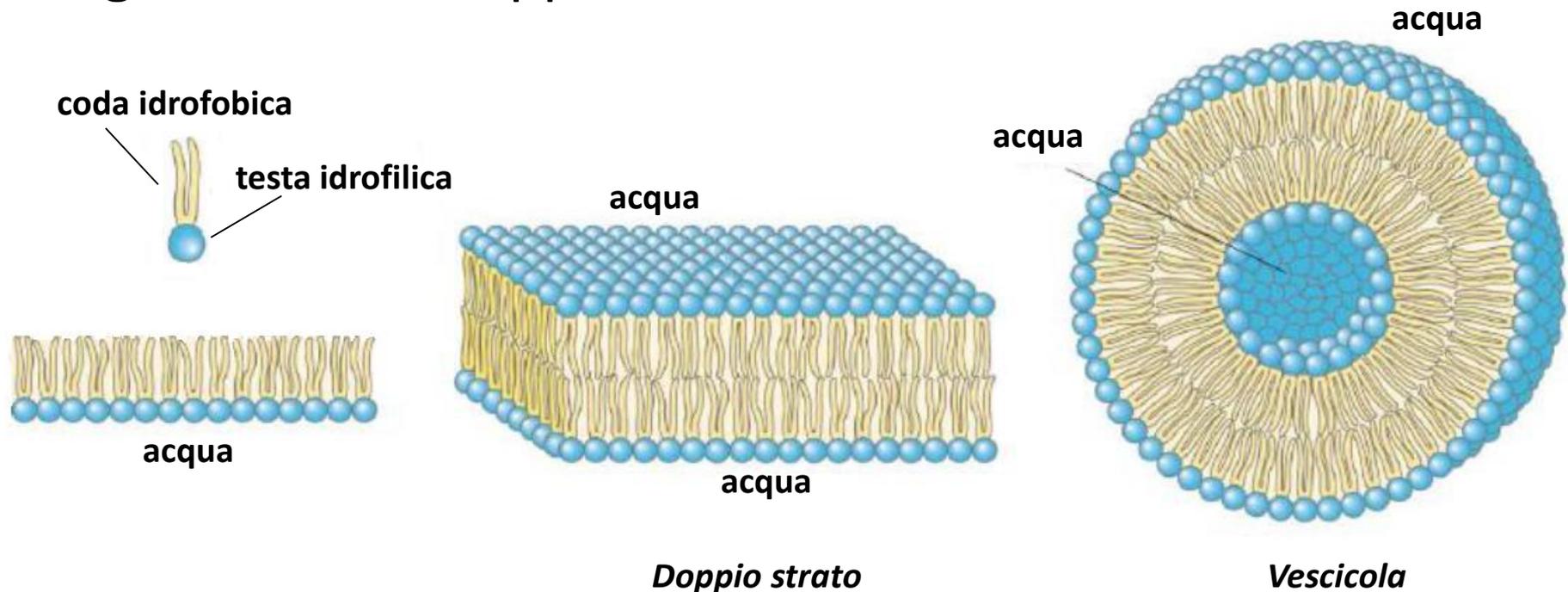
I **fosfolipidi** costituiscono il 40% delle membrane cellulari (l'altro 60% sono proteine). Presentano una estremità idrofilica polare e una idrofobica non polare, quindi hanno comportamento ambivalente nei confronti dell'acqua.

Glicerofosfolipidi: digliceridi legati ad aminoalcoli tramite legame fosfodiesterico. Ogni derivato prende il nome dall'aminoalcol preceduto dal prefisso fosfatidil.

Sfingofosfolipidi: al posto del glicerolo hanno la **sfingosina**, a cui legato l'acido grasso con legame ammidico e l'aminoalcol con legame fosfodiesterico.



Se poste in ambiente acquoso, le molecole con estremità a polarità opposta (anfipatiche) si aggregano per racchiudere le estremità apolari all'interno ed esporre quelle polari all'ambiente acquoso. I fosfolipidi nella membrana cellulare si organizzano in doppio strato.

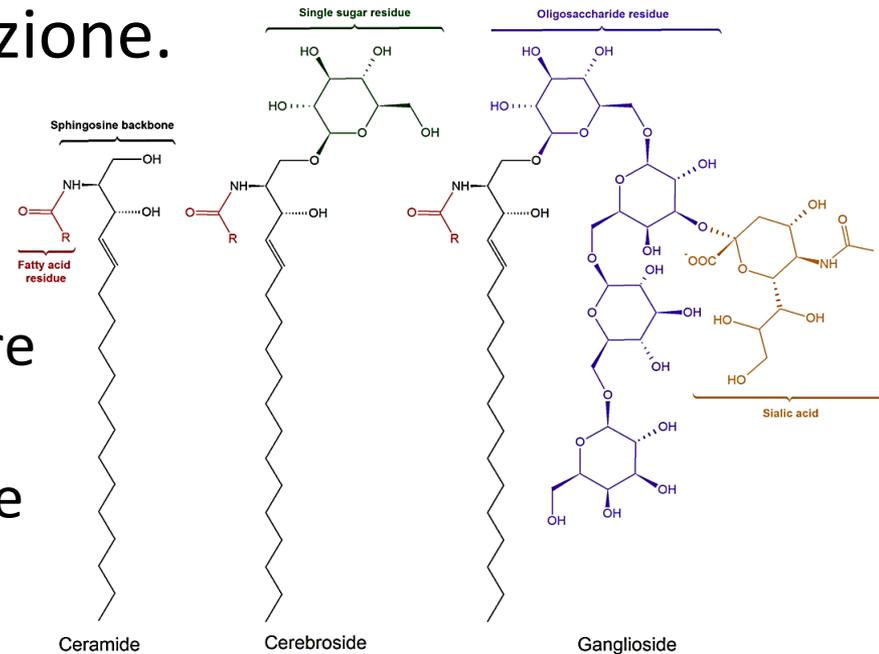


I **glicolipidi** (lipidi contenenti zuccheri) sono costituenti fondamentali delle membrane biologiche, garantendone il mantenimento di struttura e funzione.

Derivano dallo sfingolipide **ceramide**, in cui la sfingosina è legata ad un acido grasso con legame ammidico

Cerebroside: ceramide con testa polare costituita da un singolo zucchero

Ganglioside: ceramide con testa polare costituita da oligosaccaridi complessi



ceramide



cerebroside



ganglioside

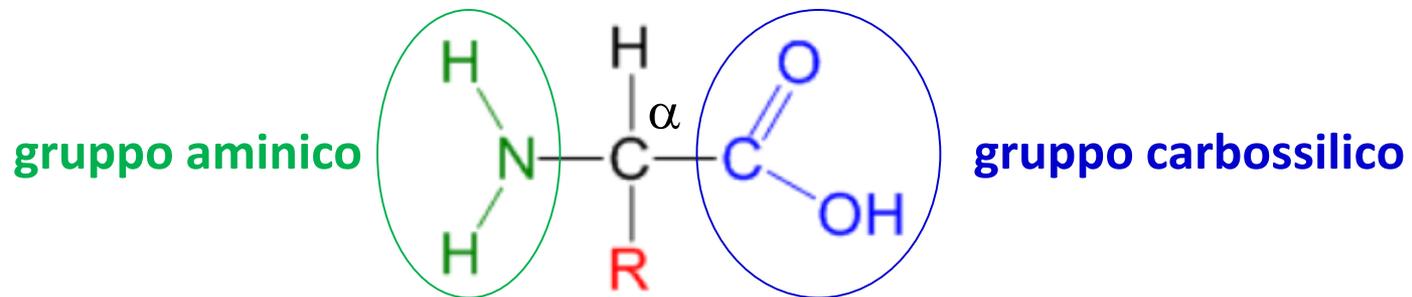
Cerebroside e gangliosidi sono abbondanti nel cervello e nel tessuto nervoso.

Le proteine sono costituite da uno o più polipeptidi, formati a loro volta da subunità più piccole dette **aminoacidi**.

Le proteine hanno ruoli chiave negli organismi viventi.

Gli **aminoacidi** sono composti bifunzionali, in cui sono presenti sia un gruppo aminico basico che un gruppo carbossilico acido.

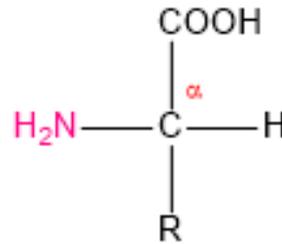
Le proteine sono costituite da 20 aminoacidi differenti tra loro per il gruppo laterale.



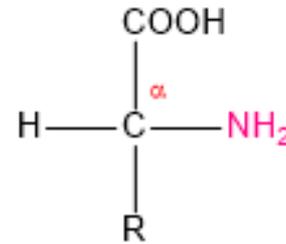
I legami peptidici si formano fra il gruppo -NH_2 di un aminoacido e il gruppo -COOH di un altro.

Le proprietà chimiche delle catene laterali **R** sono importanti per la struttura e la funzionalità della proteina.

Poichè il carbonio α di tutti gli aminoacidi (ad eccezione della glicina) è legato a 4 sostituenti diversi, è un carbonio chirale, quindi per ogni aminoacido possono esistere due stereoisomeri.



configurazione L



configurazione D

Gli aminoacidi usati per la sintesi delle proteine sono sempre L-aminoacidi.

I procarioti usano D-aminoacidi nella sintesi di alcuni piccoli peptidi, inclusi quelli della parete cellulare e di parecchi antibiotici.

9 sono essenziali*, cioè non sintetizzabili, e devono essere assunti con la dieta.

2 sono semiessenziali** e 9 sono non essenziali.

In base alle proprietà chimiche del residuo gli aminoacidi si distinguono in:

Non polari

Polari non carichi

Aromatici

Polari carichi

NON POLARI

Glicina	Gly
Alanina	Ala
<u>Valina</u>	Val
<u>Leucina</u>	Lau
<u>Isoleucina</u>	Ile
<u>Metionina</u>	Met

POLARI, NON CARICHI

Serina	Ser
Prolina	Pro
<u>Treonina</u>	Thr
<u>Cisteina</u>	Cys
Asparagina	Asn
Glutammina	Gln

AROMATICI

<u>Fenilalanina</u>	Phe
<u>Tirosina</u>	Tyr
<u>Triptofano</u>	Trp

CARICHI POSITIVAMENTE

<u>Lisina</u>	Lys
<u>Istidina</u>	His
Arginina	Arg

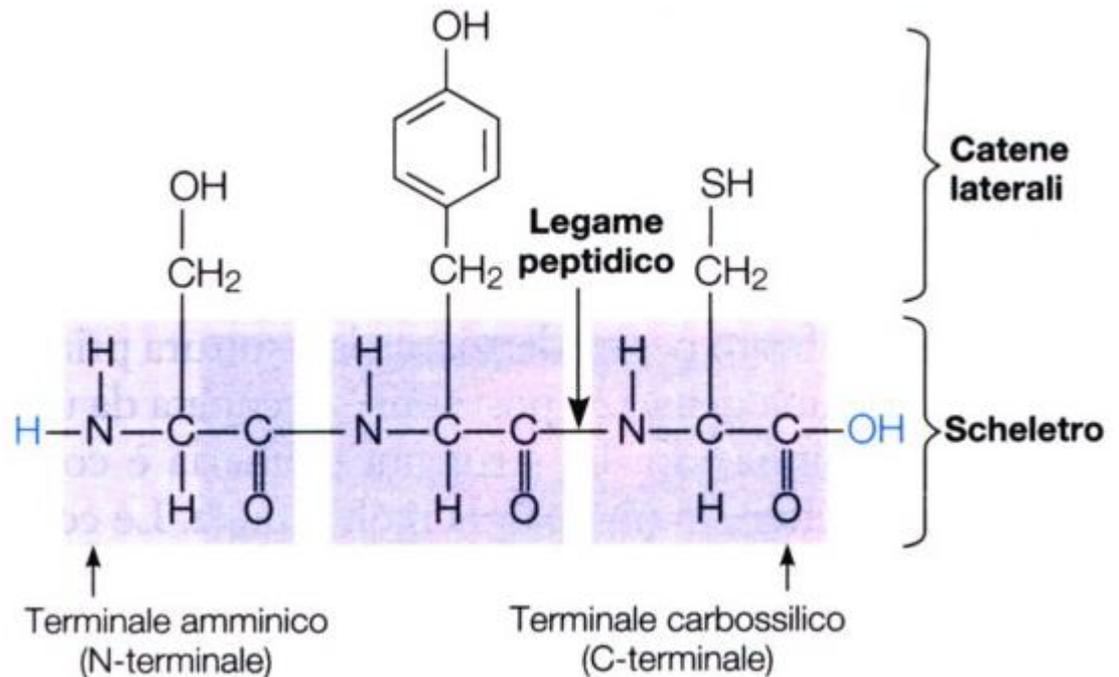
CARICHI NEGATIVAMENTE

Acido aspartico	Asp
Acido glutammico	Glu

*sottolineati in rosso
gli aa essenziali

**sottolineati in blu gli
aa semiessenziali

Gli aminoacidi possono legarsi in **proteine**, lunghe catene peptidiche, tramite legami amidici tra il gruppo aminico (NH_2) di un aminoacido e il gruppo carbossilico (COOH) di un altro. Il legame amidico è detto **legame peptidico**.



La struttura di una proteina viene generalmente descritta considerando 4 livelli:

La **struttura primaria** è costituita dalla sequenza degli L-aminoacidi che la compongono.

La **struttura secondaria** è data dai ripiegamenti della catena causati dai legami idrogeno tra i gruppi -CO e -NH di aminoacidi adiacenti. I principali tipi di struttura secondaria sono:

Alfa-elica (alfa-helix)

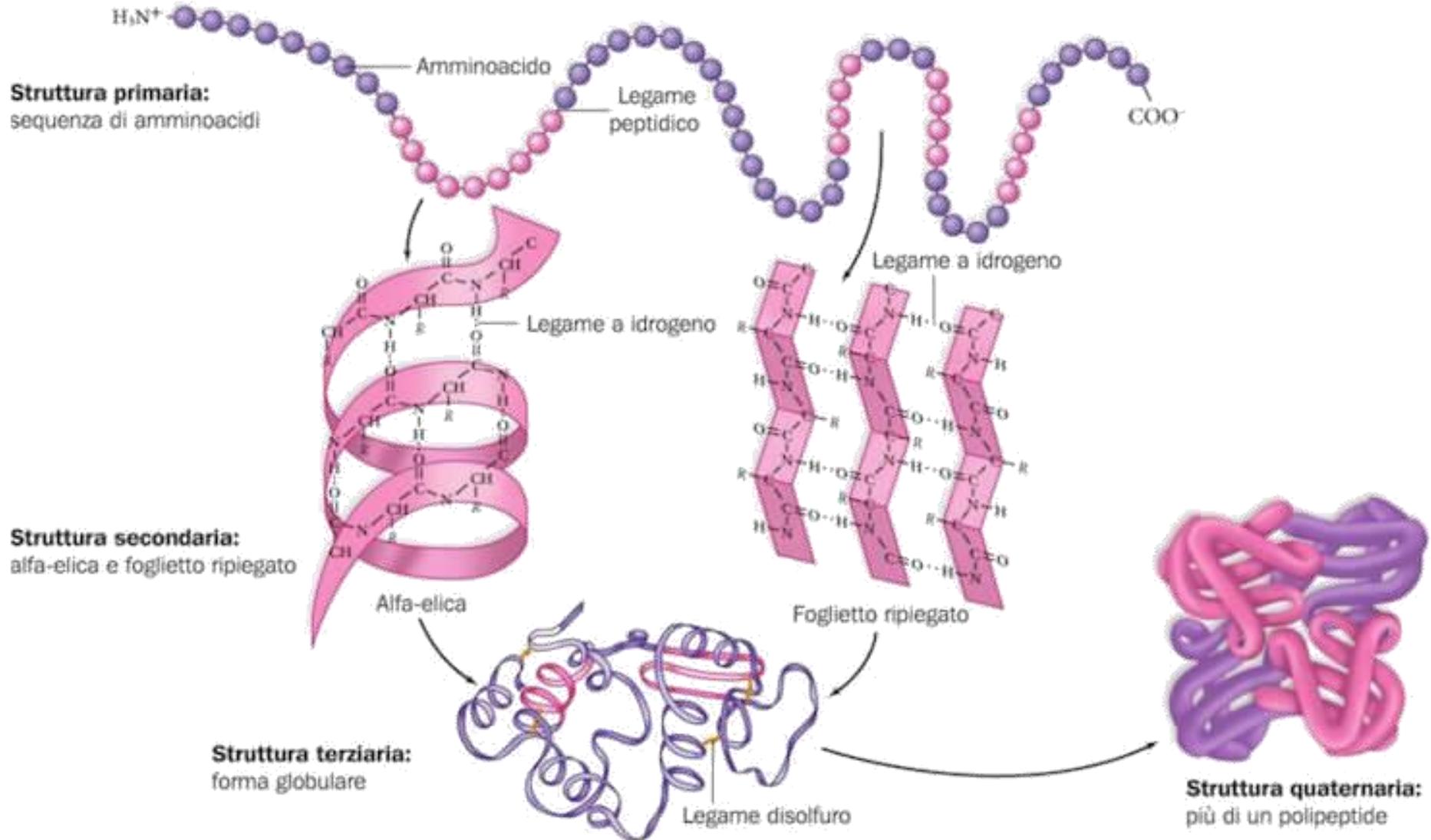
Foglietto-beta (beta-sheet)

La **struttura terziaria** è data dai ripiegamenti della catena dovuti alle interazioni tra i gruppi R: legami ionici, interazioni idrofobiche, legami idrogeno, ponti disolfuro.

La **struttura quaternaria** è data dalle interazioni tra più subunità cioè tra più catene polipeptidiche uguali o diverse tra di loro.

Le interazioni sono le stesse coinvolte nella struttura terziaria. La corretta attività funzionale della proteina richiede la formazione della struttura quaternaria.

Nonostante singolarmente le forze siano deboli, esse sono numerose e portano all'assemblaggio delle subunità e alla stabilità della proteina.



Catalisi: quasi tutte le reazioni chimiche in una cellula sono catalizzate da proteine dette enzimi.

Trasporto: proteine specifiche trasportano la gran parte di ioni e piccole molecole. Emoglobina trasporta O_2 nel sangue.

Movimento: la contrazione muscolare é data dallo scorrimento di due proteine (actina e miosina).

Sostegno: proteine fibrose come collagene e cheratina hanno funzione di resistenza, protezione e supporto.

Difesa: proteine altamente specifiche (anticorpi) riconoscono ed eliminano sostanze come virus e batteri.

Regolazione: ormoni, neurotrasmettitori proteici, fattori di crescita che regolano le attività cellulari, la trasmissione di impulsi nervosi, l'espressione genica.

Gli **acidi nucleici** sono polimeri specializzati per il deposito, la trasmissione e l'utilizzazione dell'informazione genetica.

Esistono due tipi di acidi nucleici:

- acido desossiribonucleico (**DNA**)
- acido ribonucleico (**RNA**)

Sono costituiti da monomeri detti **nucleotidi**.

Il nucleotide è formato da:

base azotata
zucchero
gruppo fosfato

Il nucleoside è formato da:

base azotata
zucchero

Nucleotidi



Nucleosidi

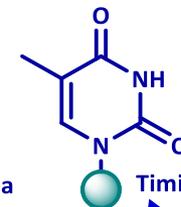


Basi azotate

puriniche: **Adenina**, **Guanina**

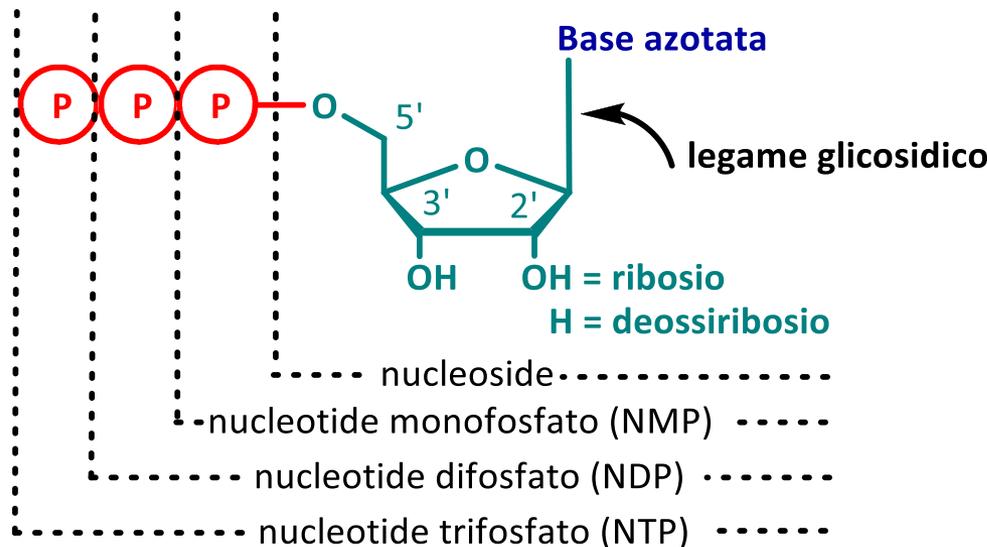
pirimidiniche: **Citosina**, **Timina**, **Uracile**

Zuccheri a cinque atomi di carbonio
ribosio (RNA) o **deossiribosio** (DNA)



solo DNA

solo RNA



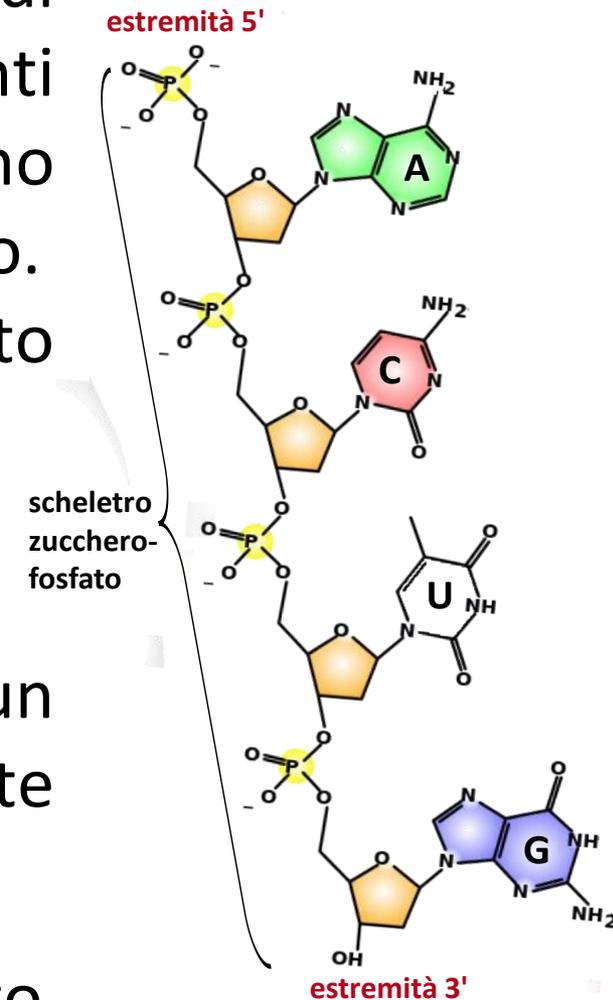
Base	Nucleoside		Mono nucleotide	
adenina	adenosina	A	adenosina monofosfato	AMP
guanina	guanosina	G	guanosina monofosfato	GMP
citosina	citidina	C	citidina monofosfato	CMP
uracile	uridina	U	uridina monofosfato	UMP
timina	timidina	T	timidina monofosfato	TMP

Gli acidi nucleici sono polimeri lineari di nucleotidi legati da legami covalenti fosfodiesterici, che uniscono il C5' di uno zucchero al C3' dello zucchero successivo. Lo **scheletro** polimerico è quindi costituito da sequenze **zucchero-fosfato**.

Le basi sono legate covalentemente solo allo zucchero.

Le estremità asimmetriche di un filamento di acido nucleico sono definite **estremità 3'** ed **estremità 5'**.

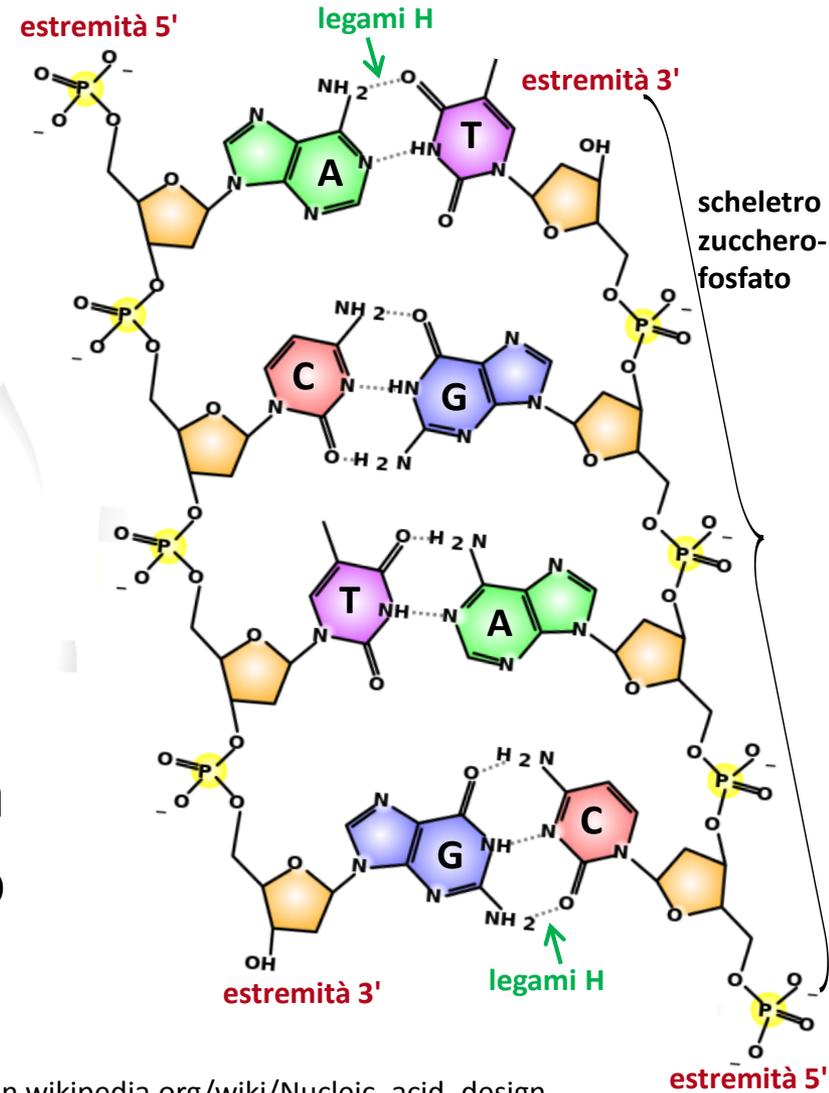
RNA si trova in forma di singolo filamento.



DNA si trova in forma di doppia elica costituita da due filamenti **antiparalleli**, cioè il senso di un filamento ($5' \rightarrow 3'$) è opposto a quello del filamento complementare ($3' \rightarrow 5'$).

Le basi si accoppiano in modo complementare tramite legami a idrogeno.

Si trovano all'interno della doppia elica, mentre gli zuccheri fosfato sono all'esterno.



LA CELLULA

La **cellula** è la più piccola forma di vita, quindi è l'unità morfologica fondamentale di tutti gli organismi viventi.

Tutti gli organismi sono formati da cellule.

Gli organismi **unicellulari** sono formati da una sola cellula.

Gli organismi **pluricellulari** sono formati dall'unione di più cellule specializzate per compiere diverse funzioni.

Ogni cellula deriva da una cellula preesistente.

Esistono due classi di cellule, ma entrambe presentano alcune caratteristiche di base in comune:

- possiedono la membrana cellulare e il materiale genetico
- il loro interno è costituito dal citoplasma

Cellula procariotica dal greco *pro* (prima) e *karyon* (nucleo)

Non presenta un **nucleo** cellulare cioè un involucro protettivo del materiale genetico.

Cellula eucariotica dal greco *eu* (buono) e *karyon* (nucleo)

Presenta un **nucleo** cellulare, isolato dal resto della cellula tramite una membrana, contenente la maggior parte del DNA.

Essendo una parte cruciale e distintiva della cellula, il nucleo e le sue funzioni saranno descritte dopo la trattazione delle due tipologie cellulari

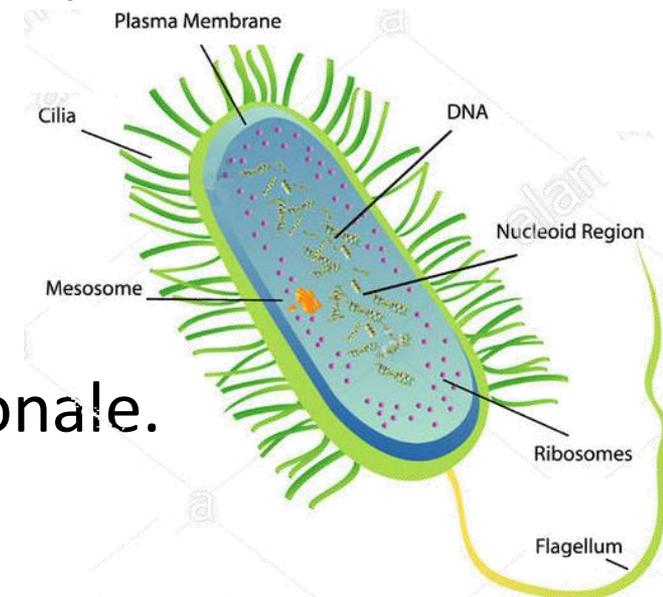
La **cellula procariotica** è tipica dei batteri.

Presenta piccole dimensioni (0.1-1 μm).

Il genoma è una singola molecola di DNA che si trova libera nel citoplasma in una zona detta **nucleoide**.

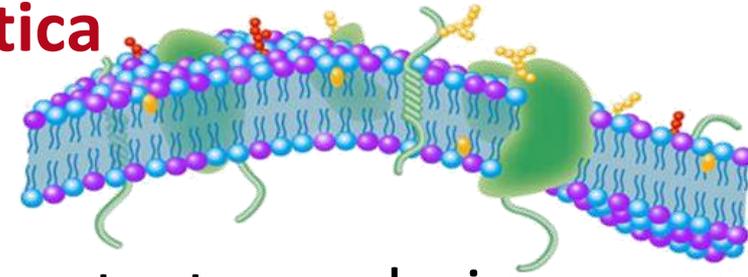
La cellula non è compartimentata e non possiede veri e propri organuli cellulari, tuttavia sono presenti strutture specializzate tipiche:

- **ribosomi** 70S (50S + 30S) per la sintesi proteica e la traduzione di mRNA;
- sistemi enzimatici;
- granuli con funzione di riserva nutrizionale.



Presenta una **membrana citoplasmatica**

costituita da un doppio strato fosfolipidico attraversato da proteine.



Nel doppio strato fosfolipidico le teste polari sono orientate verso lo spazio extracellulare e il citoplasma; quelle non polari verso il centro della membrana.

La membrana ha funzione di:

- regolazione selettiva degli scambi da e per l'ambiente extracellulare
- trasporto passivo e attivo
- produzione di energia (ATP)
- sintesi di peptidoglicano e fosfolipidi
- supporto di flagelli per il movimento.

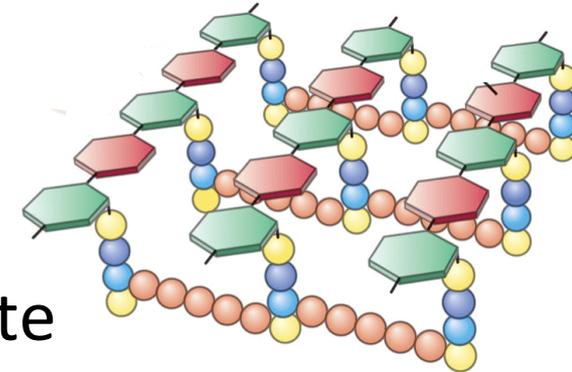
La cellula procariotica è caratterizzata da una **parete cellulare** esterna alla membrana.

È composta da un complesso polimerico caratteristico chiamato **peptidoglicano**, in cui sono inserite proteine.

La parete ha funzione di:

- garanzia della forma cellulare
- prevenzione della lisi osmotica
- innesco delle difese immunitarie dell'ospite (infiammazione, febbre, fagocitosi)

Le proteine di superficie hanno funzione di adesione, capacità invasiva e attività antifagocitaria.

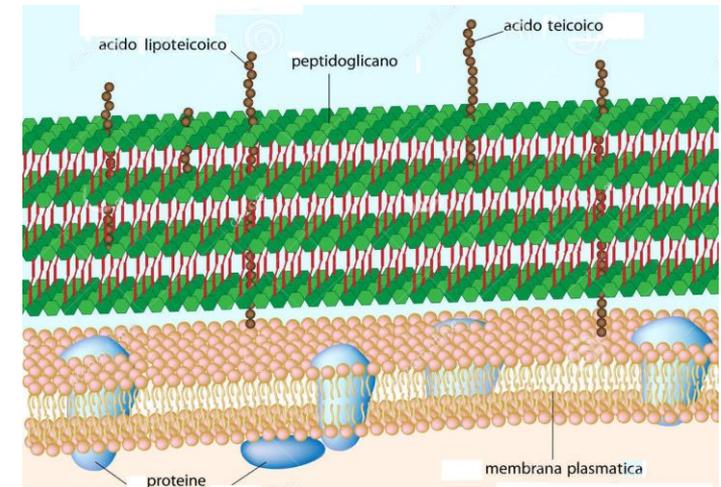


peptidoglicano

In base alla organizzazione e alla quantità di PG (peptidoglicano), i batteri si dividono in:

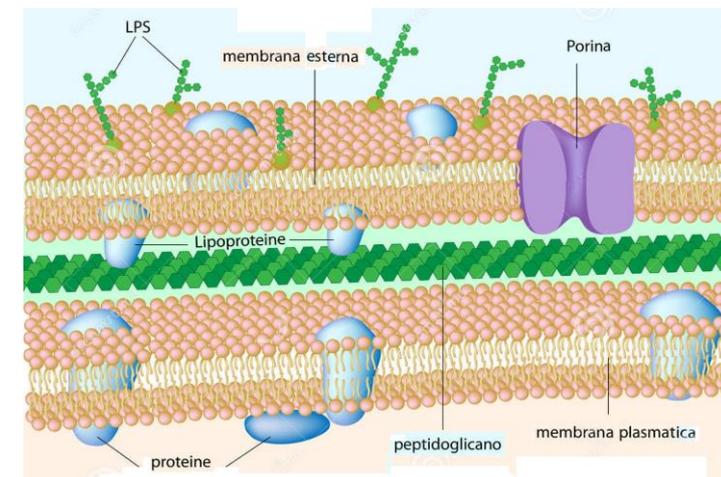
Gram positivi

- strato spesso di **PG** con intercalati acidi teicoici e lipoteicoici



Gram negativi

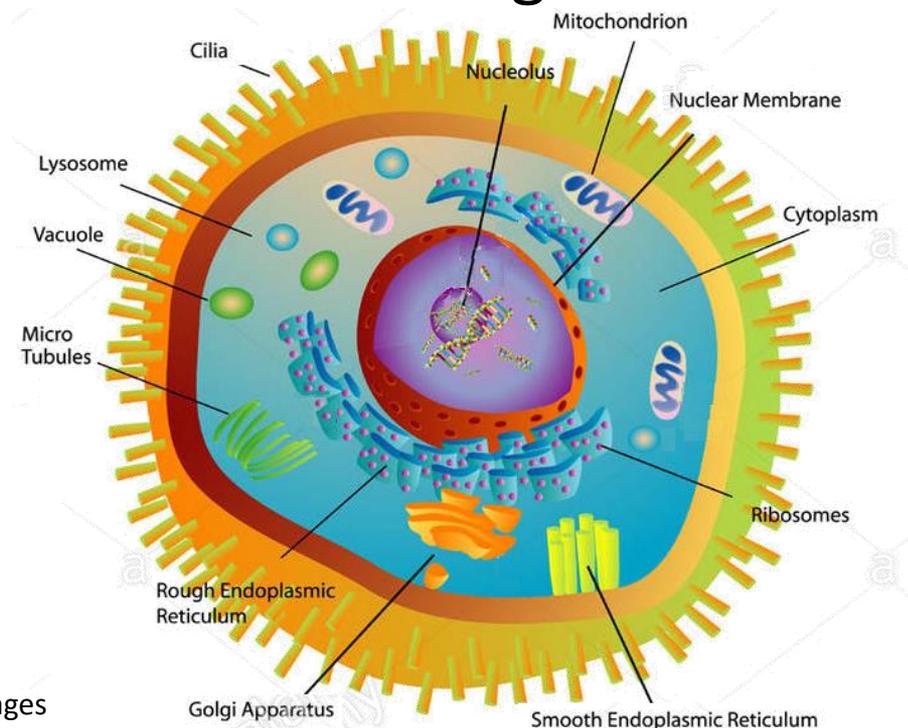
- strato sottile di **PG**
- **membrana esterna** formata da doppio strato lipidico con intercalati proteine, lipopolisaccaridi e porine



La **cellula eucariotica** presenta dimensioni maggiori (5-200 μm) rispetto alla cellula procariotica.

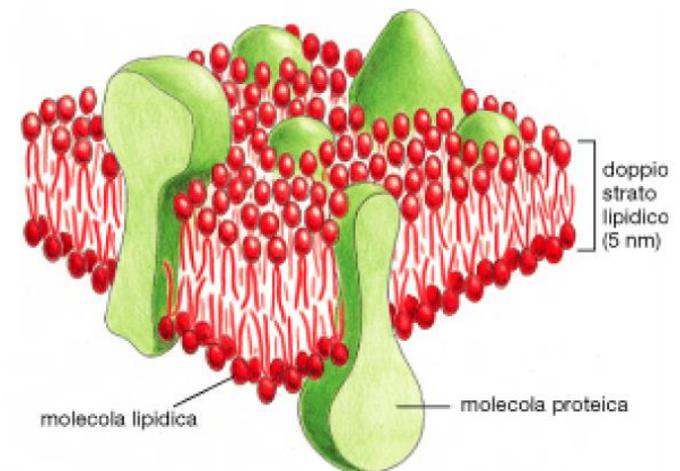
È caratterizzata da un **nucleo** circondato da una membrana nucleare, il quale contiene il materiale genetico formato da più molecole di DNA e organizzato in elementi detti **cromosomi**.

La struttura è altamente compartimentata, grazie ad un complesso sistema di membrane e organuli, che permettono alla cellula di svolgere le varie attività.



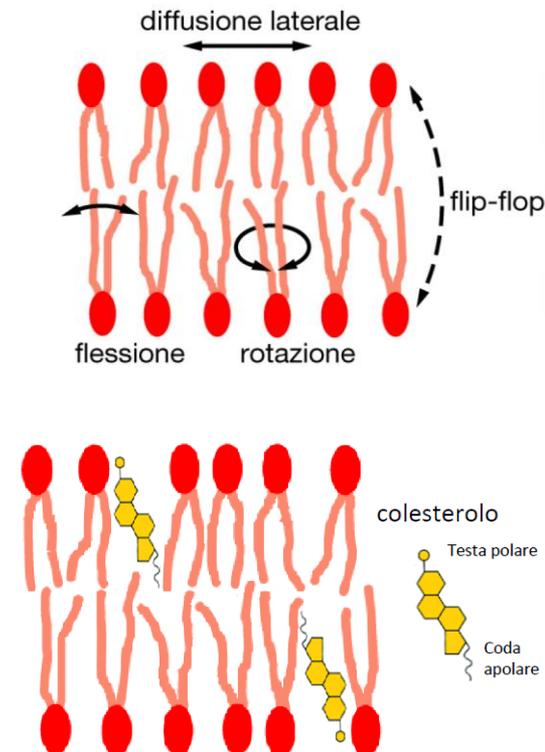
Anche la cellula eucariota è racchiusa in una **membrana plasmatica** o **membrana cellulare**, costituita da un doppio strato di fosfolipidi, in cui sono immerse proteine con funzioni ben precise (modello a mosaico fluido).

La membrana delimita l'estensione della cellula e contribuisce a mantenerla separata dall'ambiente circostante; inoltre controlla l'entrata di sostanze nutritive e l'uscita di quelle di rifiuto, essendo permeabile alle sostanze apolari e parzialmente permeabile a quelle polari.



I fosfolipidi costituenti sono molecole con testa idrofila e coda idrofoba (molecole anfipatiche), che si dispongono in **doppio strato (bilayer)** quando si trovano tra due soluzioni acquose, come interno ed esterno della cellula.

Quindi le membrane non sono strati statici di molecole rigidamente posizionate, ma presentano fluidità dovuta alla varietà della struttura chimica dei fosfolipidi e alla loro libertà di movimento. La fluidità è modulata anche dalla presenza di steroli (colesterolo in cellule eucariotiche), i quali influiscono anche sulla permeabilità alle sostanze idrofile.



La struttura principale della membrana è data dal doppio strato lipidico, ma sono le proteine a determinare la maggior parte delle funzioni della membrana.

La quantità e il tipo di proteine varia in base al tipo di membrana; ad alcune sono legate catene polisaccaridiche.

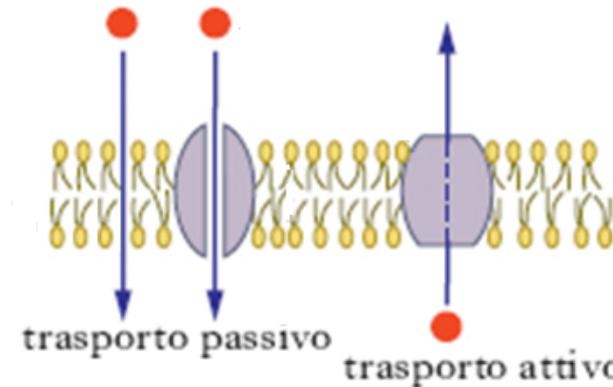
Le proteine possono essere **transmembrana** o **periferiche**.

Le diverse funzioni possono essere:

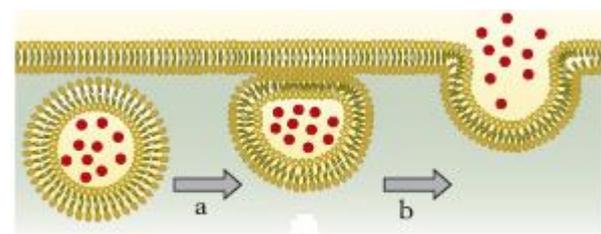
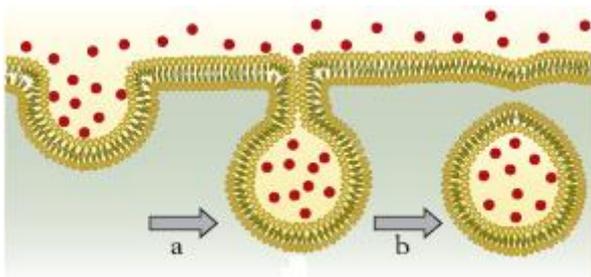
- attività enzimatica
- trasporto selettivo (proteine canale)
- trasduzione del segnale (proteine recettoriali)
- adesione tra cellule adiacenti
- ancoraggio di elementi interni (citoscheletro)
- segnale identificativo per il riconoscimento cellulare

Le membrane biologiche sono selettivamente permeabili. Per piccole molecole le modalità di passaggio attraverso la membrana sono:

- **Trasporto passivo** o **diffusione** (secondo gradiente)
- **Trasporto attivo** (contro gradiente) con consumo di ATP



Il passaggio può coinvolgere specifiche proteine di trasporto. In caso di macromolecole il passaggio avviene per **endocitosi** o **esocitosi** con formazione di vescicole citoplasmatiche.

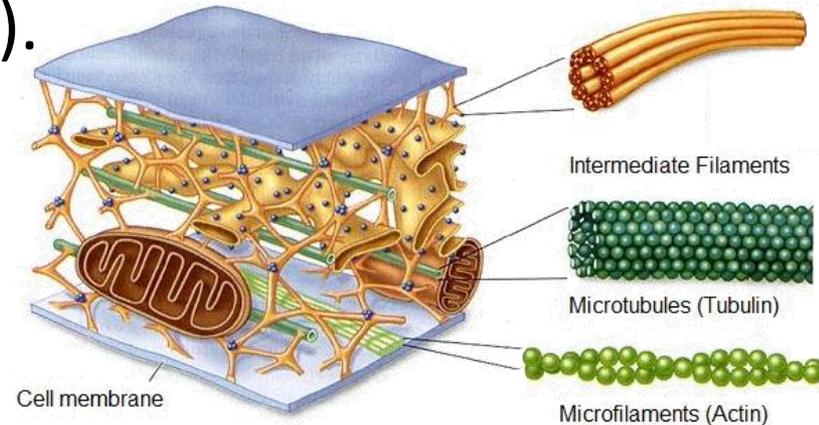


Il **citoscheletro** è una rete tridimensionale di proteine filamentose estesa a tutto il citoplasma.

È formato da 3 tipi di filamenti proteici:

- **microtubuli** (diametro maggiore);
- **filamenti intermedi** (diametro intermedio);
- **microfilamenti** (diametro minore).

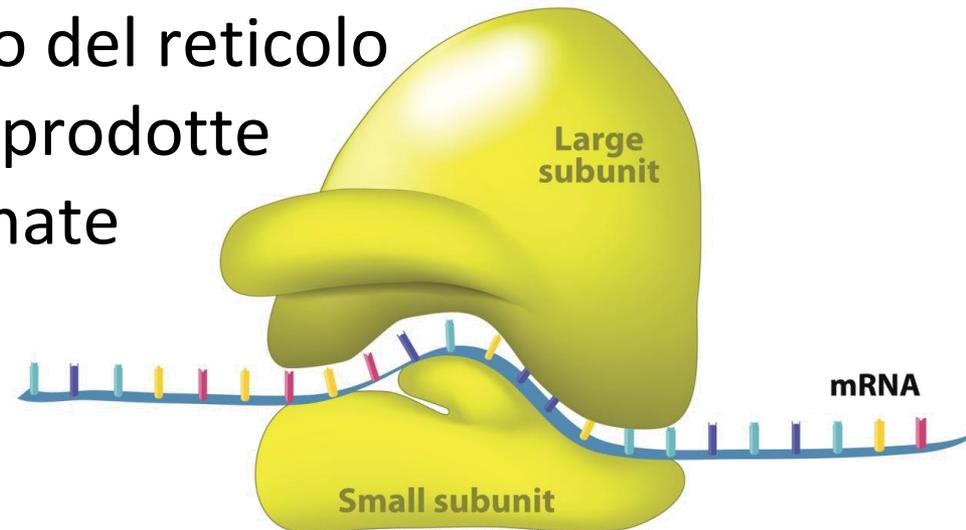
Il citoscheletro ha funzione di supporto meccanico alla cellula, mantenimento della forma, movimentazione degli organuli presenti al suo interno (gli organuli e gli enzimi citoplasmatici mantengono una determinata posizione ancorandosi al citoscheletro).



I **ribosomi** sono organuli formati da due subunità, che si associano quando si uniscono ad una molecola di mRNA. Ciascuna subunità è formata da molecole di RNA ribosomiale e proteine.

A livello di questi organuli avviene la **sintesi delle proteine**.

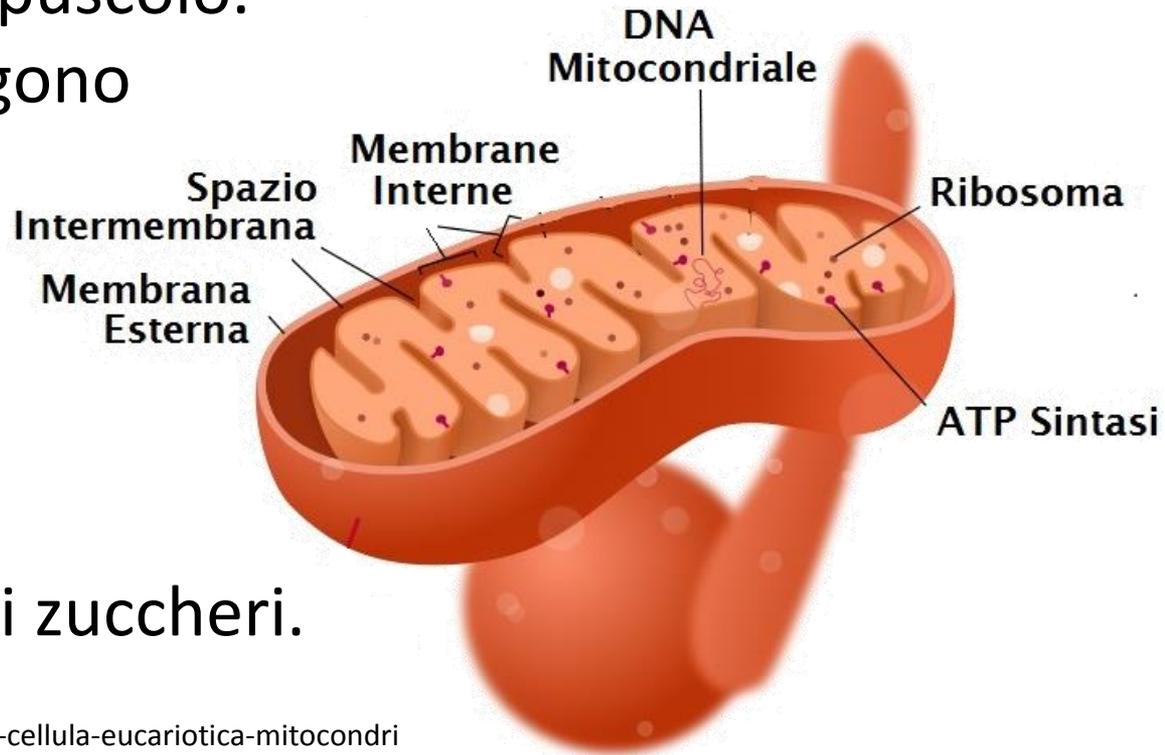
I ribosomi possono esseri liberi (sospesi nel citoplasma) o legati (associati al lato esterno del reticolo endoplasmatico): le proteine prodotte dai ribosomi liberi sono destinate al citoplasma, mentre quelle prodotte dai ribosomi legati vengono secrete o incluse nella membrana.



I **mitocondri**, organuli di forma allungata ($0,5-2 \mu\text{m}$), sono le centrali energetiche della cellula.

Sono costituiti da due membrane, la più interna ripiegata a formare delle **creste mitocondriali**, che aumentano la superficie attiva del corpuscolo.

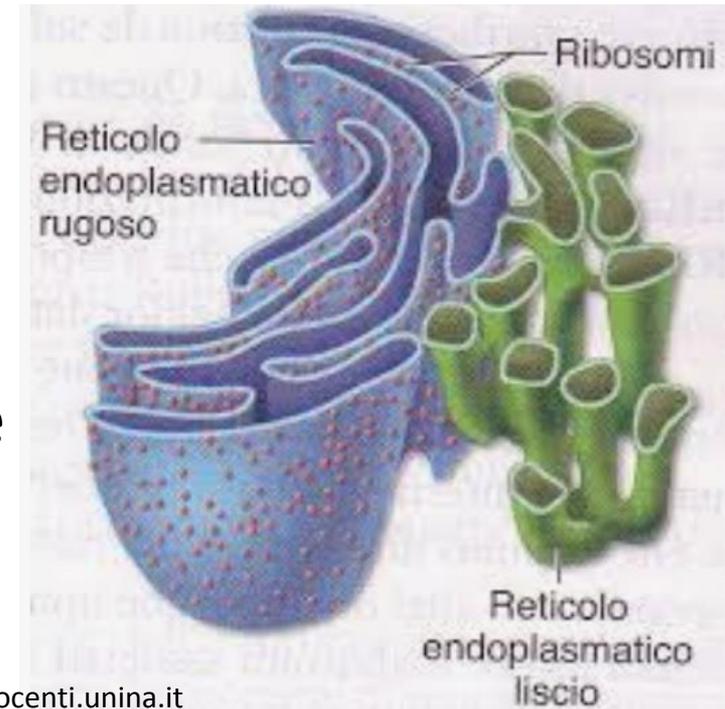
Questi organuli contengono un filamento di DNA a forma circolare e piccoli ribosomi che servono per la sintesi di proteine specifiche per il metabolismo degli zuccheri.



Il **reticolo endoplasmatico liscio** (REL) è costituito da una rete tridimensionale di tubi, comunicanti tra loro e con il reticolo endoplasmatico rugoso.

Il REL è la sede della sintesi dei lipidi di membrana e degli ormoni steroidei.

Svolge un ruolo importante nel metabolismo del glucosio, nella detossificazione delle sostanze endogene ed esogene e funziona da riserva di ioni Ca^{2+} per la contrazione muscolare.

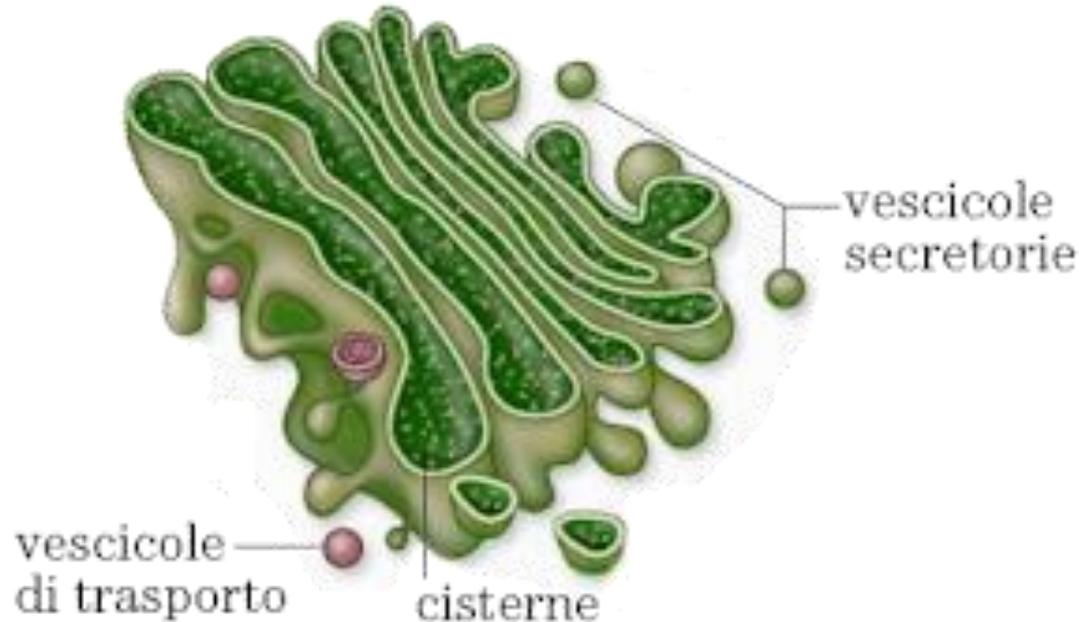


Il **reticolo endoplasmatico rugoso** (RER) è costituito da una rete tridimensionale di vescicole piatte dette **cisterne**. È deputato alla sintesi e modificazione delle proteine, soprattutto quelle di membrana, e dei loro derivati.

Il RER ha molti ribosomi associati alla membrana (che gli conferiscono l'aspetto rugoso in microscopia elettronica). Le proteine sintetizzate sui ribosomi destinate al reticolo hanno nella porzione N terminale una specifica sequenza di aminoacidi, che viene riconosciuta da un complesso proteico che consente il trasferimento direttamente nel lume del reticolo. Nel RER le proteine vengono poi modificate chimicamente e quindi portate ai distretti di destinazione.

L'**apparato di Golgi** è costituito da pile di cisterne appiattite, delimitate da membrane: riceve le molecole sintetizzate nel reticolo endoplasmatico, le elabora e le indirizza a diversi siti interni o esterni alla cellula.

E' sede di sintesi di lipidi, proteine, vescicole secretorie e lisosomiali.

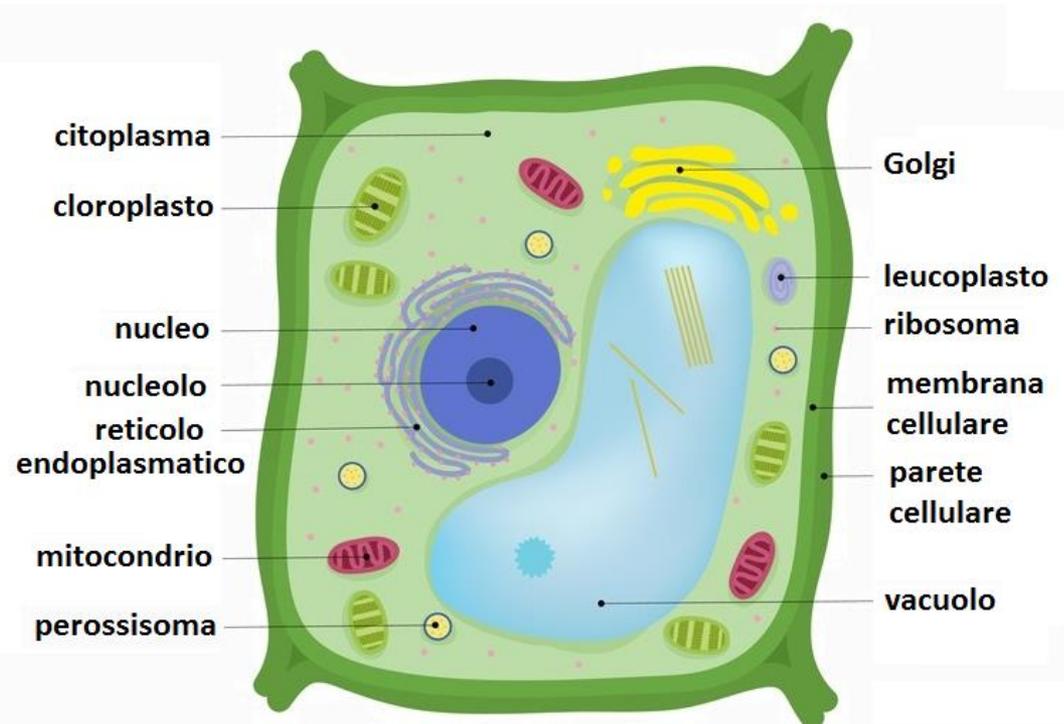


I **lisosomi** si formano per distacco dal complesso di Golgi. Sono piccole vescicole che costituiscono il sistema digerente della cellula: contengono enzimi idrolitici usati per la digestione delle macromolecole. Sono caratterizzati da pH acido.

I **perossisomi** sono vescicole delimitate da membrana, che costituiscono un ambiente isolato e circoscritto dove avvengono reazioni di detossificazione con formazione di perossido di idrogeno (pericoloso per la cellula) come prodotto intermedio, convertito in acqua mediante enzimi.

Le cellule vegetali sono di tipo eucariotico, ma presentano alcuni caratteri distintivi:

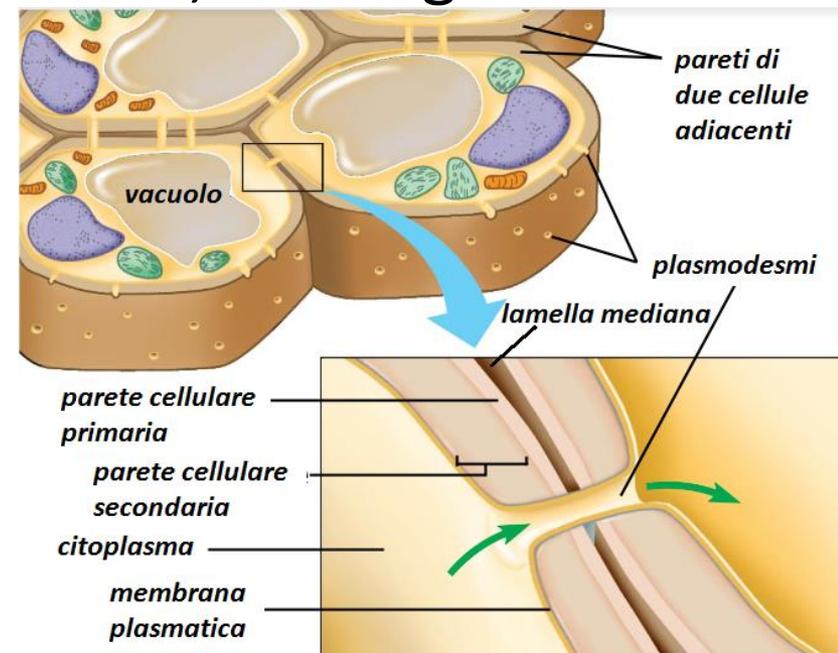
- presenza di parete cellulare
- presenza di sistema plastidiale
- presenza di vacuoli
- assenza di lisosomi



La **parete cellulare** circonda la membrana cellulare ed è costituita prevalentemente da cellulosa.

È formata da tre strati successivi: la **lamella mediana**, la **parete primaria** e la **parete secondaria**.

Sulla parete sono presenti **plasmodesmi**, canali grazie ai quali le cellule comunicano fra loro. La parete ha funzione di: proteggere dagli agenti esterni, mantenere forma e pressione cellulare, impedire assorbimento eccessivo di liquidi e disseccamento.



I **vacuoli** sono piccole cavità endocellulari delimitate da una membrana (**tonoplasto**), che occupano gran parte della cellula.

La loro funzione principale è quella di mantenere il turgore cellulare: controllano il passaggio di molecole dalla linfa al citosol, mantengono il pH ottimale del citosol, svolgono funzioni di riserva di varie sostanze e di deposito di scorie del metabolismo cellulare.

I **plastidi** sono organuli specifici della cellula vegetale dove avvengono numerose attività connesse al metabolismo cellulare. Sono sacche membranose sospese nel citoplasma, in cui si trovano accumulate varie sostanze.

I **leucoplasti** sono sede di accumulo dell'amido di riserva.

I **cromoplasti** sono deposito di pigmenti detti **carotenoidi**.

I **cloroplasti** sono dischi contenenti sacchetti membranosi appiattiti (**tilacoidi**), interconnessi in un sistema continuo di membrane. Contengono molecole di clorofilla.

I cloroplasti sono la sede della **fotosintesi clorofilliana**, che sfrutta l'energia dell'irradiazione solare per produrre ossigeno e molecole organiche a partire da anidride carbonica e acqua.

Il **nucleo** occupa circa il 10% dello spazio cellulare ed è avvolto da una membrana nucleare che contiene **cromatina**, **nucleolo** ed **enzimi**.

La **cromatina** è un complesso tra DNA e proteine: il DNA si avvolge 2 volte attorno a un nucleo di 8 proteine istoniche formando il **nucleosoma** (unità strutturale della cromatina). Il **nucleolo** è sede della sintesi di rRNA e dell'associazione delle subunità ribosomiali.

Gli **enzimi** sono deputati alla duplicazione e trascrizione del DNA e maturazione del mRNA che ne deriva.

Eucromatina è decompattata con DNA despiralizzato in fase di attività trascrizionale, segno di attiva sintesi proteica;
eterocromatina è compattata con DNA spiralizzato che non può venire usato da stampo per la sintesi di RNA.

Il nucleo contiene il **DNA** (Acido DeossiriboNucleico) che è il depositario dell'informazione genetica.

Il **codice genetico** è l'insieme delle triplette di nucleotidi che codificano per gli aminoacidi utilizzati nella sintesi delle proteine.

Il codice genetico si definisce **degenerato**, in quanto più codoni codificano per uno stesso aminoacido.

Alcuni codoni hanno funzioni specifiche:

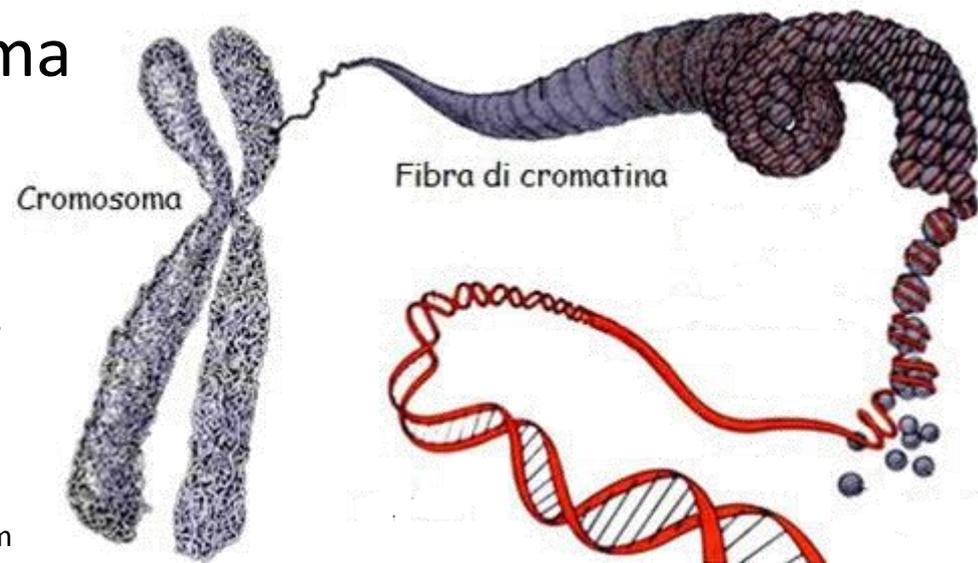
Codoni d'inizio: segnalano l'inizio di una catena polipeptidica (metionina)

Codoni di terminazione: non codificano per nessun aminoacido, quindi terminano la catena polipeptidica.

Negli eucarioti il materiale genetico è organizzato in **cromosomi**, strutture a bastoncino, nelle quali si organizza la cromatina quando la cellula è in divisione.

Nonostante l'alto numero di nucleotidi, il materiale genetico occupa poco spazio perchè compattato a vari livelli: durante l'interfase il materiale genetico si trova nella forma decompattata (**cromatina**), mentre nella fase riproduttiva si mostra in forma condensata (**cromosomi**).

Ciascun cromosoma è formato da 2 **cromatidi** uniti a livello del **centromero**, che separa la struttura in 2 bracci di diversa lunghezza

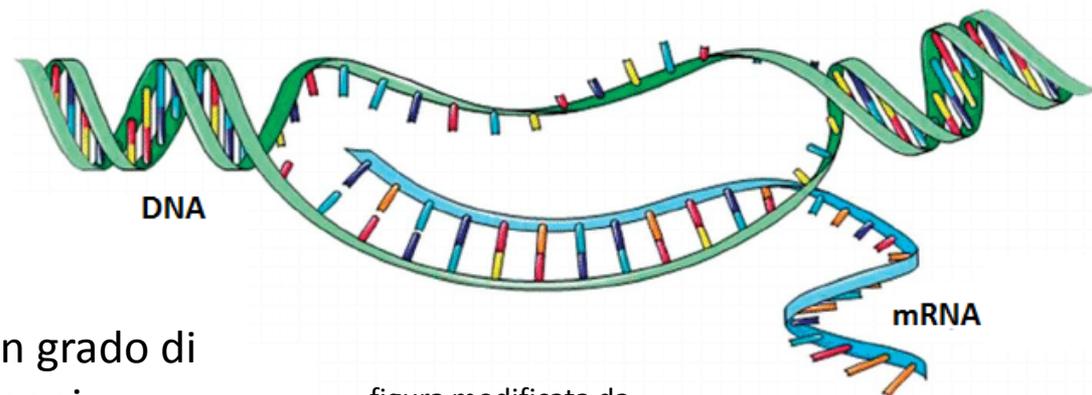


L'informazione genetica contenuta nel DNA viene espressa tramite i processi di **trascrizione** e **traduzione**.

La **trascrizione** è il processo che produce una molecola di RNA messaggero (mRNA) con sequenza complementare a quella del **gene*** "stampo", tramite l'enzima **RNA-polimerasi**.

L'mRNA viene sintetizzato con lo stesso principio che regola la duplicazione del DNA (v. avanti), ma con filamento unico.

Gli mRNA sono processati nel nucleo prima di essere trasportati nel citoplasma dove avviene la traduzione.



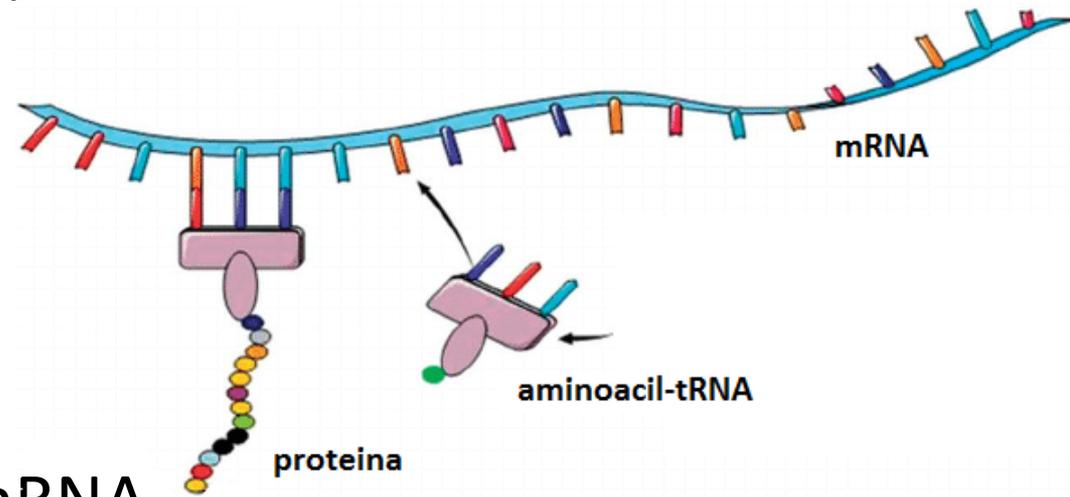
*sequenza polinucleotidica di DNA in grado di codificare mRNA per una proteina. I geni costituiscono la parte codificante del **genoma**

figura modificata da
https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-transcription-and-translation-in-PVIII-protein-expression_fig1_233761179

La **traduzione** è il processo mediante il quale l'mRNA viene espresso in proteine, ossia l'informazione genetica viene decodificata su specifici apparati proteici (**ribosomi**), per ottenere la sintesi di proteine.

Il codice genetico quindi indica la sequenza aminoacidica di una proteina. Tale codice, scritto con alfabeto a 4 lettere (nucleotidi), viene tradotto in alfabeto a 20 lettere (aminoacidi): ogni aminoacido è codificato da una (o più) triplette di nucleotidi su mRNA.

Aminoacil-tRNA sono i vettori degli aminoacidi.



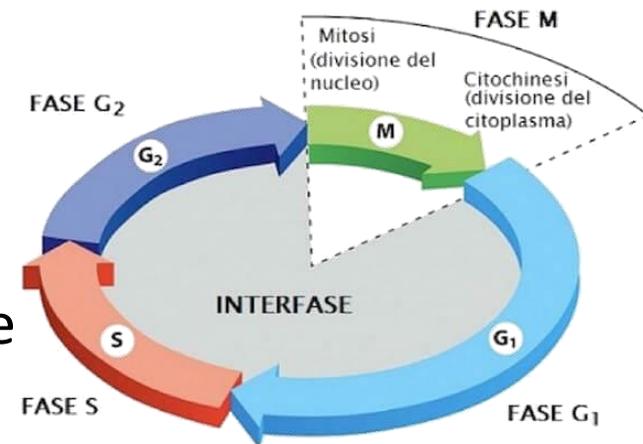
CICLO CELLULARE

Il **ciclo cellulare** è la serie di eventi che avvengono in una cellula eucariota tra una divisione cellulare e quella successiva.

Consiste in 4 processi coordinati e direzionali: crescita cellulare, replicazione del DNA, distribuzione dei cromosomi duplicati alle cellule figlie e divisione cellulare.

Il ciclo è diviso in **interfase** e **mitosi**:

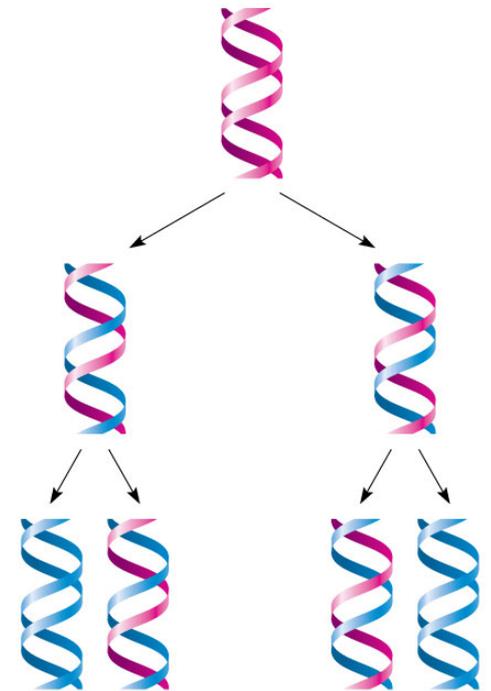
- | | | |
|------------------|---|--|
| interfase | { | fase G1 inizio dell'accrescimento |
| | | fase S replicazione del DNA |
| | | fase G2 preparazione alla divisione |
| fase M | { | mitosi divisione nucleare |
| | | citocinesi divisione citoplasmatica |



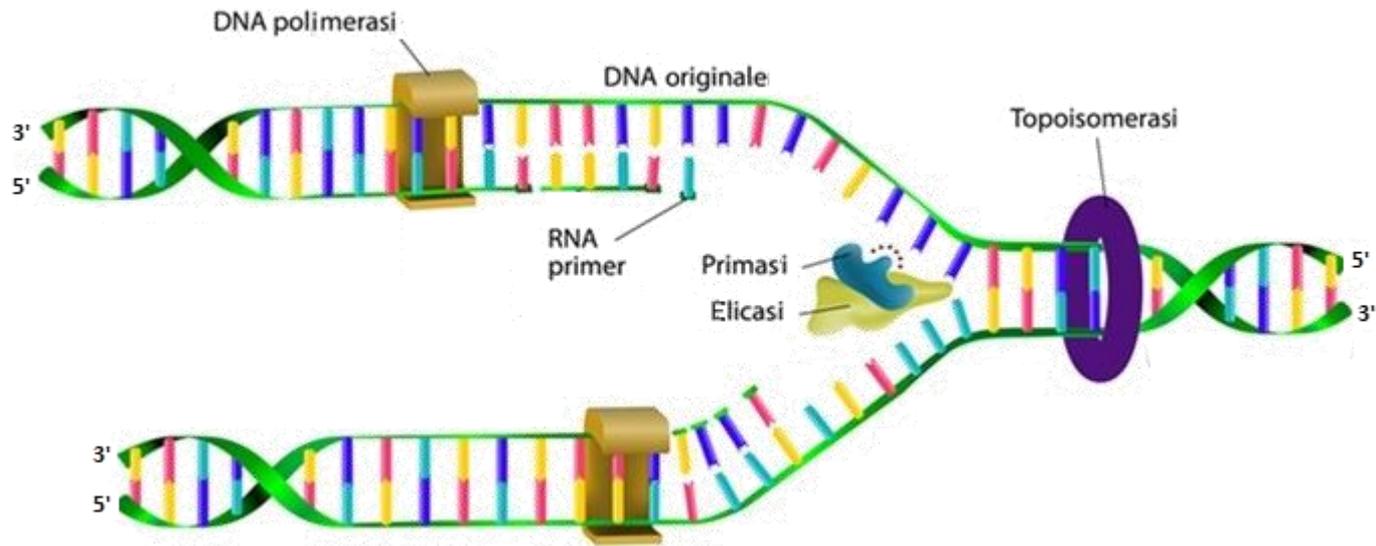
La **replicazione del DNA** avviene in un momento preciso del ciclo cellulare (fase S).

La doppia elica si rilassa e permette l'esposizione delle basi di ciascuno dei due filamenti di DNA.

Ognuno dei due filamenti del DNA funziona da stampo molecolare per la sintesi di un secondo nuovo filamento, secondo il modello **semiconservativo** (ogni molecola figlia mantiene una delle due eliche parentali).



Enzima chiave del processo di duplicazione è la **DNA polimerasi**, che aggiunge nucleotidi in direzione 5'-3'.



La DNA polimerasi ha anche altre attività enzimatiche, come quella esonucleasica di correzione degli errori.

esonucleasi degrada gli acidi nucleici a partire da una o entrambe le estremità;
endonucleasi rompe i legami fosfodiesterici all'interno di una catena polinucleotidica

Il **corredo cromosomico** di un essere vivente è l'insieme dei cromosomi presenti in una cellula somatica ed è costante a livello di specie, sia sotto il profilo numerico sia sotto quello morfologico.

Il corredo cromosomico di una specie viene indicato con $2n$ perché in genere i cromosomi sono presenti in duplice copia (**diploidia**), i cui componenti, i cromosomi omologhi, hanno una origine materna e l'altra paterna.

Casi particolari sono quelli dei gameti, cellule destinate alla riproduzione degli organismi sessuati, che hanno una sola copia dei cromosomi (**aploidia**), oppure quelli dei vegetali, dove non sono rari casi di poliploidia.

Ogni variazione nel corredo cromosomico può portare a variazioni anche consistenti nel **fenotipo** dell'individuo.

Il fenotipo è l'insieme di tutte le caratteristiche manifestate da un organismo vivente (morfologia, sviluppo, proprietà biochimiche e fisiologiche), mentre il **genotipo** è la costituzione genetica di un individuo, che è solo in parte espressa nel corpo del vivente.

Quindi il fenotipo è l'aspetto esteriore di un vivente, il genotipo è l'informazione genetica in lui contenuta, che ha generato il fenotipo; solo una parte esigua del genotipo si esprime nel fenotipo.

Cambiamenti nella sequenza o nel numero dei nucleotidi nell'acido nucleico sono detti **mutazioni genetiche**.

Una mutazione modifica il genotipo di un individuo ed eventualmente può anche modificarne il fenotipo.

Può essere **spontanea** (provocata da fattori chimici endogeni e da errori nei processi riguardandi il materiale genetico) o **indotta** (provocata dall'azione di particolari agenti fisici o chimici detti **agenti mutageni**).

Gli effetti possono essere notevolmente diversi a seconda del tipo di mutazione e della posizione: una mutazione può non portare a nessuna conseguenza (se altera DNA non codificante) o avere conseguenze anche letali se altera geni.

La mutazione può consistere nella sostituzione di un nucleotide con un altro (**mutazione puntiforme**), oppure nella perdita durante la duplicazione di materiale genetico (**delezione**), oppure nell'aggiunta di nucleotidi.

Le sostituzioni di nucleotidi possono dar luogo a **mutazioni di senso** (sostituzione di un aminoacido con un altro) o a **mutazioni di non senso** (termine della sintesi proteica).

Le delezioni o le aggiunte di nucleotidi possono provocare spostamenti del sistema di lettura e la produzione di proteine nuove, di solito non funzionali.

Il meccanismo di **divisione cellulare** varia a seconda del tipo di cellula.

La cellula procariotica si divide per **scissione binaria**, un tipo di riproduzione a sessuata in cui la cellula genitore duplica il proprio patrimonio genetico e si divide dando origine a due cellule figlie geneticamente identiche.

La cellula eucariotica si divide con due processi diversi:

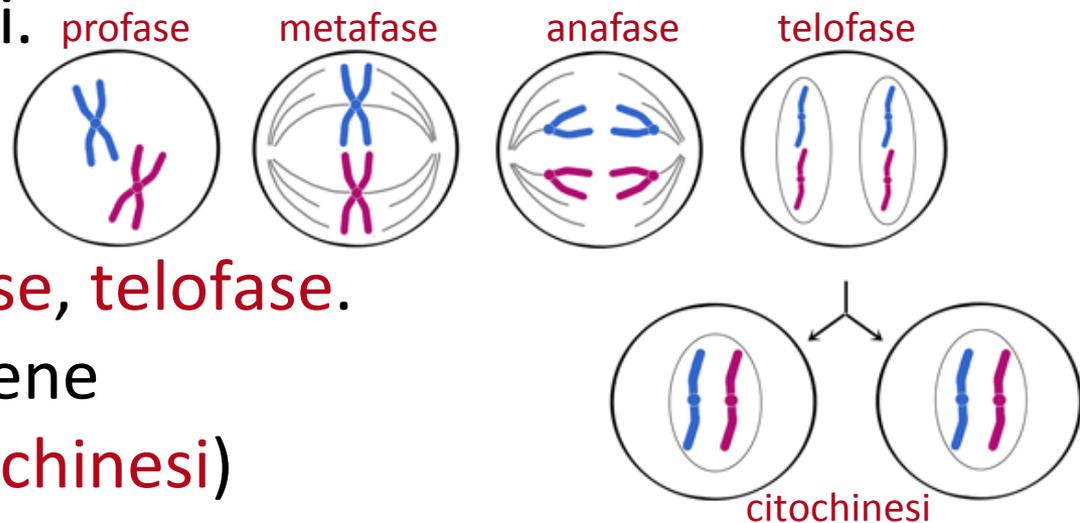
- **mitosi** che prevede la formazione di due cellule figlie con lo stesso numero di cromosomi della cellula madre (divisione di cellule somatiche)
- **meiosi** che prevede la formazione di cellule aploidi da cellule diploidi (divisione di gameti).

La **mitosi** è il processo attraverso il quale nuove cellule vengono prodotte per la crescita o per sostituire cellule vecchie o danneggiate. I processi fondamentali sono la compattazione della cromatina, la formazione del fuso mitotico, l'attacco dei microtubuli ai centromeri dei cromosomi e la separazione dei cromatidi fratelli con formazione dei nuclei figli.

Questi processi si realizzano in 4 fasi:

profase, metafase, anafase, telofase.

Alla fine della mitosi avviene la divisione effettiva (**citochinesi**)



La **meiosi** realizza il dimezzamento del patrimonio genetico quindi i gameti (cellule figlie) sono **cellule aploidi**, con metà dei cromosomi della cellula originaria. Con la fecondazione, all'incontro dei gameti, viene ripristinato l'assetto **diploide**.

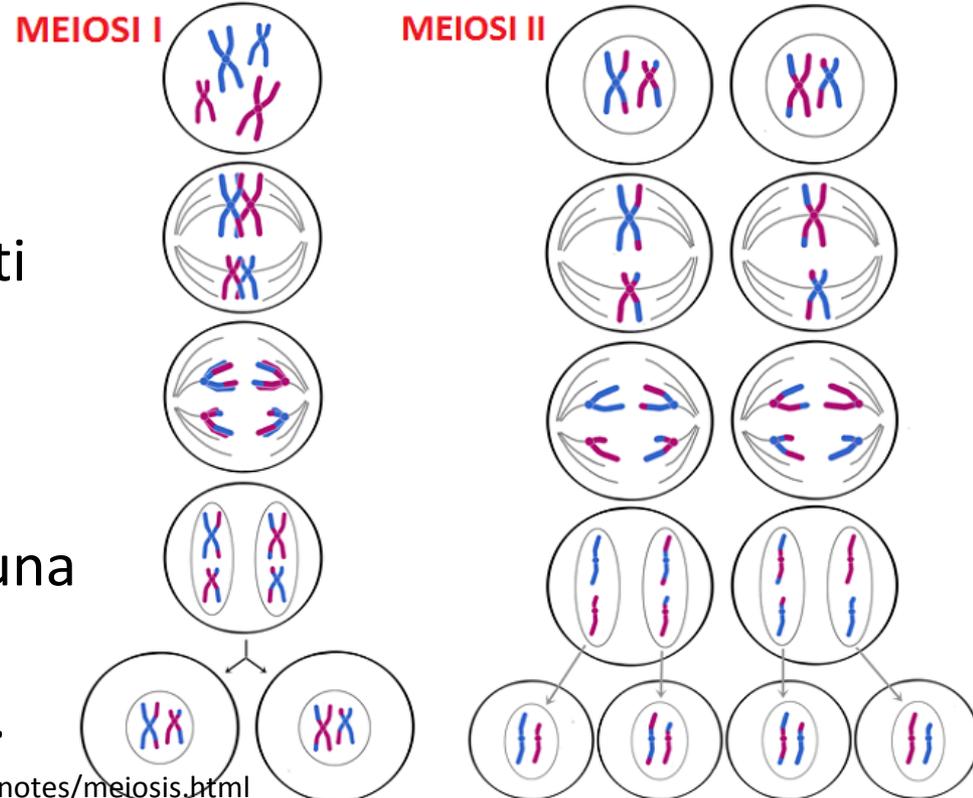
Si distinguono 2 processi:

- **fase riduzionale o meiosi I**

formazione di due cellule figlie aploidi ma con cromosomi formati da due cromatidi

- **fase equazionale o meiosi II**

separazione dei cromatidi e formazione di due cellule da ognuna delle cellule precedenti, ciascuna con cromosomi monocromatidici.



BIOCHIMICA E BIOENERGETICA DELLA CELLULA

Il **metabolismo** è l'insieme delle reazioni chimiche che avvengono in una cellula, con trasformazione di materia e di energia.

Si possono distinguere:

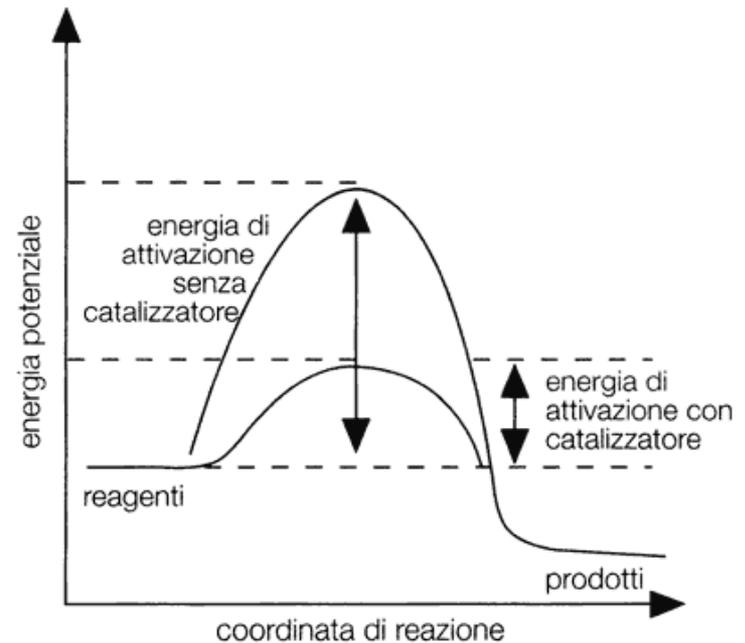
- **catabolismo**, demolizione di molecole complesse in composti più semplici con liberazione di energia
- **anabolismo**, costruzione di molecole complesse a partire da composti più semplici con consumo di energia

Le reazioni metaboliche sono catalizzate da **enzimi**

L'**enzima** è una proteina dotata di attività catalitica. Il catalizzatore è una specie chimica che accelera la velocità di reazione senza essere consumato nel corso della stessa. Gli enzimi sono quindi **biocatalizzatori** che aumentano la velocità di una reazione chimica, abbassando la barriera energetica tra il reagente ed il prodotto.

Un enzima è specifico per la catalisi di una certa reazione ed ogni reazione all'interno di una cellula è catalizzata da un enzima diverso.

Gli enzimi sono denominati aggiungendo il suffisso *-asi* al nome del substrato dell'enzima o al termine che ne descrive l'attività.

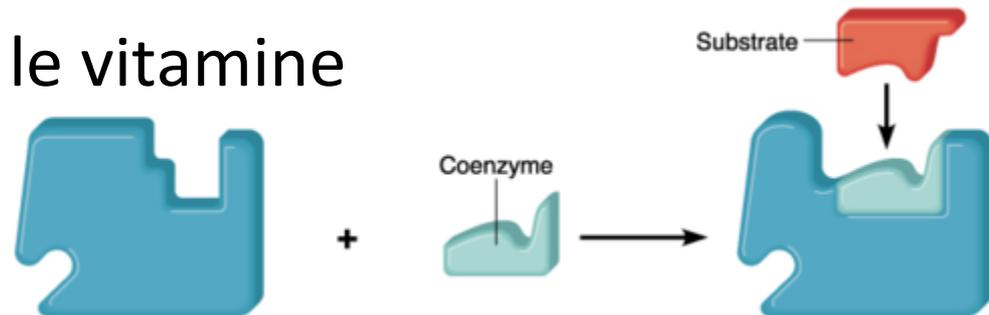


Gli enzimi agiscono legando in modo transiente substrati o intermedi della reazione: l'enzima crea un ambiente in cui lo stato di transizione è stabilizzato e in cui la reazione procede più velocemente di quanto avviene quando le specie coinvolte sono in forma libera.

Spesso gli enzimi necessitano di **cofattori**, molecole non proteiche che partecipano all'attività catalitica.

Possono essere:

- **ioni metallici** come zinco, ferro e rame
- **molecole organiche** come le vitamine (detti **coenzimi**)



La **bioenergetica** è la branca della biochimica che studia tutti i processi attraverso cui le cellule utilizzano, immagazzinano e scambiano energia.

Gli organismi viventi richiedono un continuo apporto di energia. L'energia viene ricavata dall'ambiente:

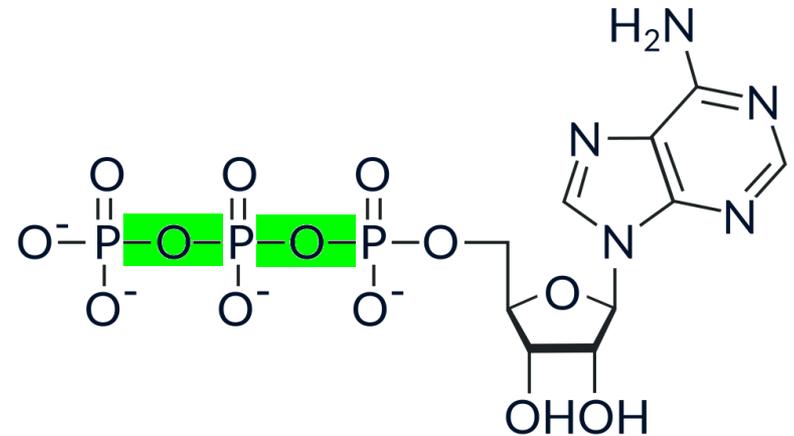
- dalla luce solare (**organismi fototrofi**)
- dall'ossidazione di nutrienti (**organismi chemiotrofi**)

Gli organismi viventi utilizzano solo energia chimica, cioè l'energia contenuta nei legami di specifici composti, che viene liberata sottoponendo i composti a particolari reazioni.

La principale forma di accumulo di energia è il nucleotide **ATP, adenosina trifosfato**.

I legami chimici tra i due gruppi fosfato terminali sono definiti ad alta energia: la loro rottura (con rilascio di ADP o AMP) libera l'energia indispensabile per realizzare processi vitali.

L'energia necessaria per la sintesi di ATP deriva prevalentemente dalla **fosforilazione ossidativa** negli organismi chemiotrofi e dalla **fotosintesi** per i fototrofi.



La **fotosintesi clorofilliana** è il processo con il quale le piante sintetizzano composti organici a partire da materiali inorganici in presenza di luce solare.

La luce viene catturata dalla **clorofilla** e trasformata in energia chimica, la quale viene usata per sintetizzare glucosio a partire dall'anidride carbonica dell'atmosfera con liberazione di ossigeno.



L'energia solare consente che composti semplici e poveri di energia siano convertiti in composti organizzati in strutture complesse, ricchi di energia.

La **respirazione cellulare** è l'insieme dei processi metabolici con cui le cellule ottengono energia tramite scomposizione dei nutrienti in molecole più piccole.

L'energia di legame dei nutrienti (glucosio) viene liberata attraverso una serie di reazioni di ossidoriduzione e immagazzinata sotto forma di ATP.

La respirazione cellulare avviene nel mitocondrio e porta alla formazione (teorica) di 38 molecole di ATP per ogni molecola di glucosio.

La respirazione cellulare avviene in 4 fasi:

1. **Glicolisi** in cui il glucosio viene scisso in due molecole di piruvato con formazione di ATP e consumo di NADH.
2. **Decarbossilazione ossidativa del piruvato** con formazione di acetilCoA, CO_2 e NADH
3. **Ciclo di Krebs** in cui acetilCoA viene ossidato a CO_2 con formazione di ATP, NADH, FADH_2
4. **Fosforilazione ossidativa** in cui NADH e FADH_2 cedono i propri elettroni ad una serie di trasportatori, riossidandosi per poter essere riutilizzati in un nuovo ciclo: gli elettroni sono accettati dall'ossigeno con formazione di acqua e l'energia liberata dal passaggio degli elettroni lungo la catena dei trasportatori viene immagazzinata in 36 ATP.

In assenza o limitata disponibilità di ossigeno, la produzione di ATP avviene grazie alla **fermentazione**, che è un ulteriore processo anaerobico di generazione di energia per degradazione del glucosio.

Il piruvato prodotto nella glicolisi viene trasformato in lattato (**fermentazione lattica**) o in alcol etilico e CO_2 (**fermentazione alcolica**).

I prodotti finali hanno un elevato contenuto energetico.

La fermentazione lattica produce 2 ATP e 2 acido lattico.

La fermentazione alcolica produce 2 ATP, 2 CO_2 , 2 etanolo.

DIVERSITÀ DEI VIVENTI

La **teoria dell'evoluzione** è stata elaborata da Charles Darwin (1809-1882), secondo cui la variazione delle condizioni ambientali e l'accrescimento numerico degli individui di una stessa specie determinano la **sopravvivenza** di coloro che riescono a produrre in sé le variazioni adatte alle nuove condizioni (**adattamento** nell'organizzazione biologica e nelle funzioni) e l'**estinzione** di coloro che non vi riescono.

Nei sopravvissuti, i nuovi caratteri si stabilizzano e possono trasmettersi per **ereditarietà** alle nuove generazioni, costituendo a volte una trasformazione così radicale da rappresentare una vera **mutazione** della vecchia specie, cioè originando una nuova specie.

I principi su cui si basa la Teoria dell'Evolutione sono:

Variation = variabilità tra individui

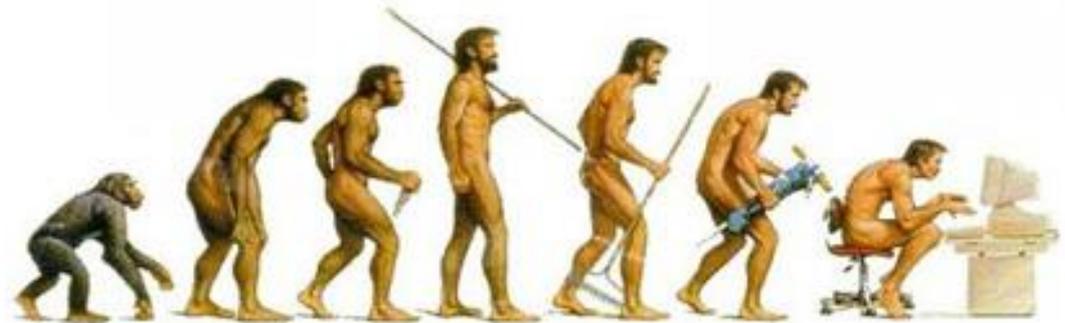
Inheritance = ereditabilità dei caratteri

Selection = selezione del più adatto

Time = tempo di fissazione delle modifiche

Adaptation = adattamento nel tempo e nello spazio

Necessità e casualità sono alla base dell'evoluzione.

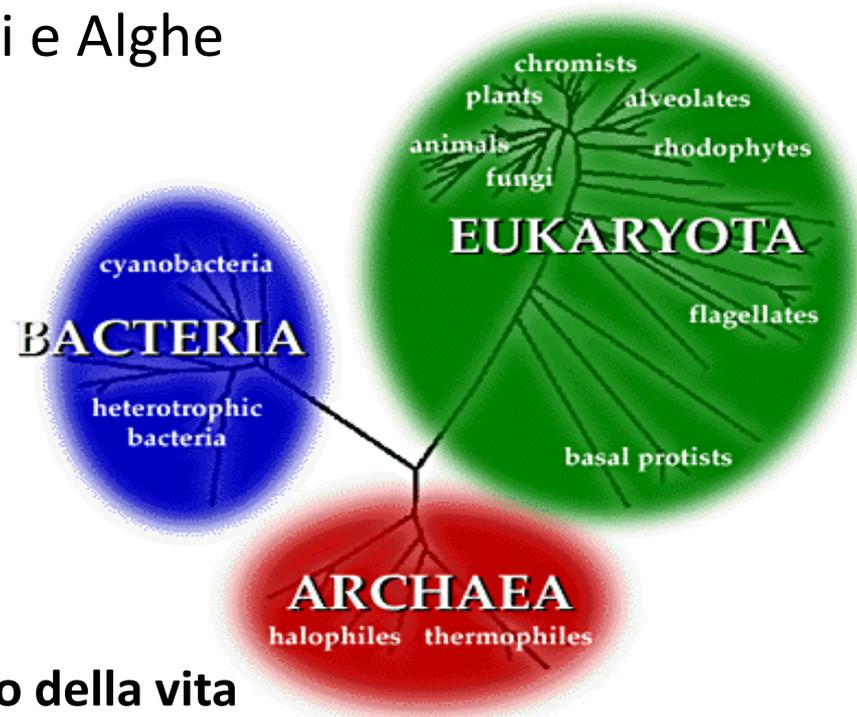


Gli organismi viventi vengono raggruppati in 3 domini:

Batteri comprende il **regno Eubatteri**
Archaea comprende il **regno Archeobatteri**
Eucarioti comprende 4 **regni**

in maggioranza unicellulari { **Protisti** Protozoi e Alghe

pluricellulari { **Piante**
Funghi
Animali



Albero filogenetico della vita

In base all'organizzazione della cellula gli organismi viventi si possono distinguere in:

Procarioti: dal greco *pro* (prima) e *karyon* (nucleo).

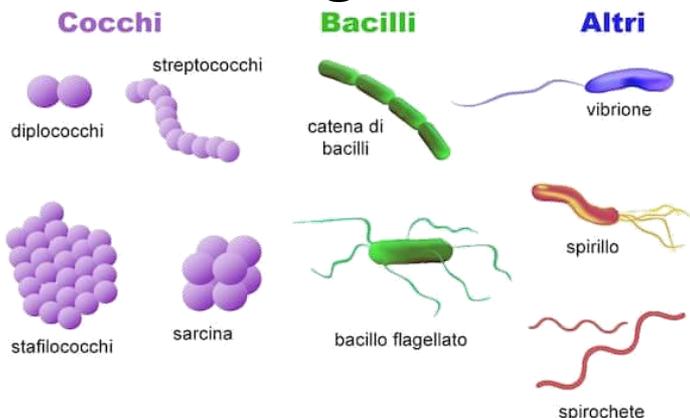
Caratterizzati da assenza di un sistema di membrane endocellulari organizzate (compartimentazione cellulare) quindi di un **nucleo** cellulare (involucro protettivo del materiale genetico). Vi appartengono **Batteri** e **Archea**

Eucarioti: dal greco *eu* (buono) e *karyon* (nucleo).

Provvisti di **nucleo** cellulare, isolato dal resto della cellula tramite una membrana, contenente la maggior parte del DNA. Vi appartengono **Protisti**, **Piante**, **Funghi**, e **Animali**

I **batteri** sono i microrganismi unicellulari più diffusi. Possono condizionare le possibilità di vita degli altri organismi: partecipano ai cicli di azoto, carbonio e zolfo, a processi di degradazione, digestione, produzione di antibiotici e vitamine, fermentazione di varie sostanze (latte, vino, orzo, ecc.), possono avere azione patogena.

Le loro cellule mancano di involucro nucleare protettivo del materiale genetico e di citoscheletro. Presentano ribosomi

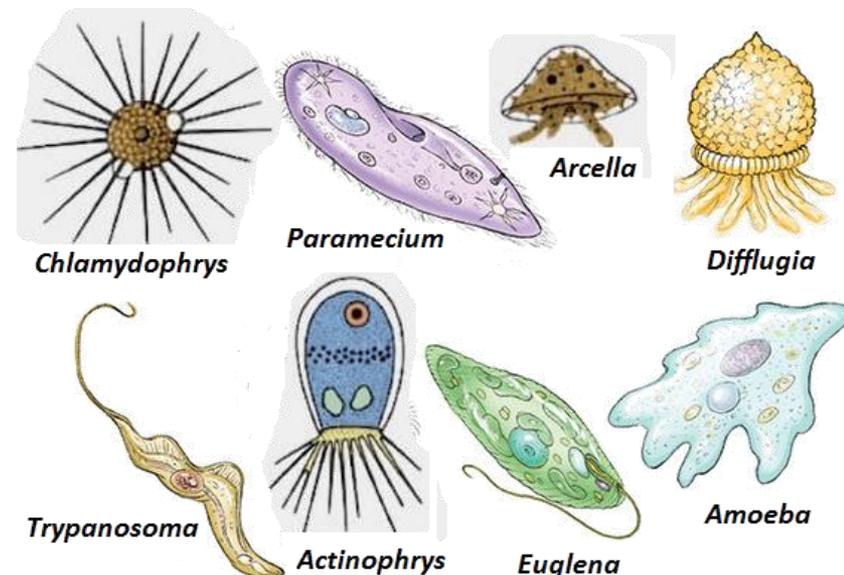


per la sintesi proteica e DNA. Le dimensioni arrivano al massimo a 50-80 micron di diametro.

Classificabili in base alla forma in cocchi, bacilli, spirilli, vibrioni, spirochete

I **protozoi** sono eucarioti **eterotrofi***: vivono in quasi tutti gli ambienti acquatici o umidi, molte specie sono parassite. Presentano forme definite (simmetria sferica, bilaterale, raggiata). Sono microscopici, ma possono raggiungere lunghezza di un millimetro e diametro di qualche centimetro. Organi caratteristici sono i vacuoli digestivi e i vacuoli pulsanti.

***eterotrofi** non sono in grado di sintetizzare le sostanze organiche necessarie al loro metabolismo a partire da altre molecole inorganiche. Per la sopravvivenza devono far riferimento a composti organici sintetizzati da altri organismi.



Le **alghe** sono eucarioti **autotrofi*** (come le piante), contenenti ftopigmenti, come la clorofilla.

Alghe unicellulari: fitoplancton, risorsa di cibo in mare.

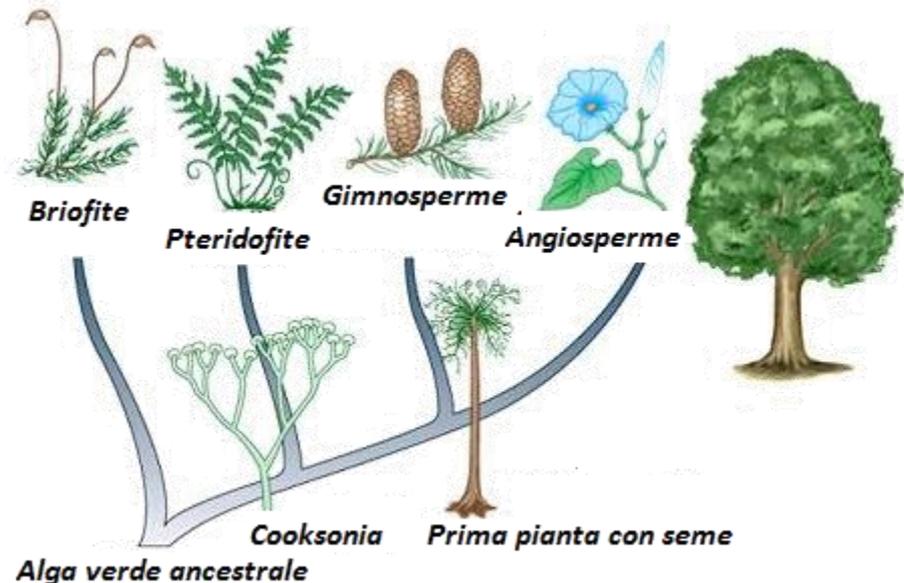
Alghe pluricellulari: costituite da una struttura più complessa ma priva di vasi, organi o tessuti specializzati.

Classificabili in base alla capacità di assorbire la luce in acqua



***autotrofi** sintetizzano autonomamente le sostanze organiche necessarie al loro metabolismo ricavando energia dal processo di fotosintesi.

Le **piante** sono eucarioti **autotrofi**, definibili come organismi fotosintetici pluricellulari, adatti alla vita su terra emersa. Presentano una **parete cellulare** contenente cellulosa; **cloroplasti** contenenti clorofilla α e β e caroteni; **amido** come carboidrato di riserva; strutture cellulari specializzate per trattenere l'acqua (**cuticola**), ma in grado di garantire gli scambi gassosi necessari per la fotosintesi; sistema per assorbire l'acqua dal suolo (radici); sistema vascolare per trasportare i materiali.



Organi essenziali di una pianta sono **radice**, **fusto** e **foglia**.

La **radice** è la parte che generalmente si trova sotto terra, per penetrare nel terreno e assorbire acqua e sali minerali.

Il **fusto** è la prima parte aerea della pianta a cui, direttamente o indirettamente attraverso i rami, si attaccano le foglie. Nel fusto circola la **linfa** (l'acqua, i sali minerali e le sostanze prodotte attraverso la **fotosintesi** clorofilliana) elaborata dalle foglie e portata a tutte le altre parti della pianta.

La **foglia** è l'organo in cui si svolge la fotosintesi.

I **fiori** sono gli organi riproduttivi della pianta.



I **funghi** sono eucarioti **eterotrofi**, in genere con corpo filamentoso pluricellulare indifferenziato (tallo).

Possono essere saprofiti, parassiti, simbionti.

Le cellule dei funghi presentano una parete cellulare.

Il **tallo** è formato da una massa di sottili **ife** filamentose detta **micelio**, che si accresce nel terreno. Avendo una parete rigida, i funghi si nutrono assorbendo le sostanze nutritive. Le ife si estendono per una grande superficie coprendo così una vasta area di assorbimento.

I **lieviti** sono funghi unicellulari non filamentosi.

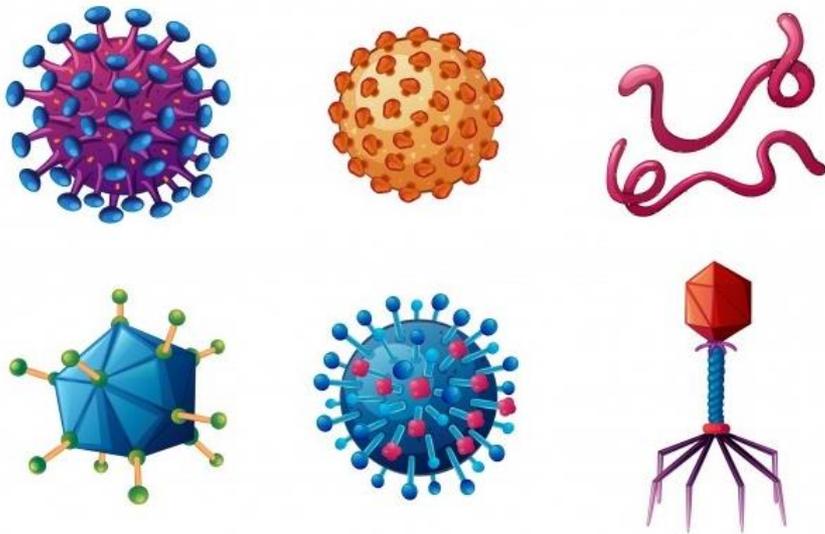
Le **muffe** sono funghi pluricellulari.



Gli **animali** sono eucarioti **eterotrofi**, con differenziamento cellulare, mobili durante almeno uno stadio della loro vita. Generalmente hanno un corpo differenziato in quattro tessuti distinti: epiteliale, connettivale, muscolare e nervoso. In genere, c'è anche una cavità interna digerente con una o due aperture. A differenza degli altri eucarioti, le cellule animali sono circondate da una **matrice extracellulare**, che ne consente la mobilità e la riorganizzazione, e da **giunzioni intercellulari**.



I **virus** sono **parassiti cellulari obbligati**: pur possedendo geni ed evolvendosi per selezione naturale, non possiedono struttura cellulare né sistemi metabolici propri e non possono riprodursi al di fuori di una cellula ospite, quindi non sono classificabili come esseri viventi.



Si riproducono all'interno delle cellule colonizzate attraverso la creazione di copie di loro stessi, tramite meccanismo di auto-assemblaggio.

Regno	Organizzazione cellulare	Struttura	Trofismo	Mobilità
Batteri	Unicellulare	Assenza di nucleo	Eterotrofi Parassitismo, Decomposizione	Assente
Protozoi	Unicellulare Pluricellulare	NMO	Eterotrofi Parassitismo, Assorbimento	Flagelli, ciglia
Alghe	Unicellulare Pluricellulare	NMO e parete	Autotrofi Fotosintesi	Assente
Piante	Pluricellulare	NMO e parete	Autotrofi Fotosintesi	Assente
Funghi	Unicellulare Pluricellulare	NMO e parete	Eterotrofi Saprofitismo, Parassitismo, Assorbimento	Assente
Animali	Pluricellulare	NMO	Eterotrofi Parassitismo, Ingestione	Muscolare